

SENSORES **AEROTRANSPORTADOS**

**A Realidade da Câmara Digital e do
Perfilamento a LASER**

Amauri Brandalize

Resumo

1. Câmaras de Filme;
2. Mudança Tecnológica;
3. Câmaras Digitais;
4. Matricial x Linear;
5. Princípios do Sensor Linear;
6. Particularidades da ADS40;
7. Perfilador a LASER ALS50;
8. NAIP (National Agriculture Imagery Program);
9. PAMAP (Pennsylvania Mapping Program);
10. Digital e LASER na Carta 1:50.000;
11. Info's na Internet.

Câmaras Aéreas Baseadas em Filme

- **Recursos tecnológicos** para obter imagens com a melhor resolução geométrica possível;
 - FMC (**F**orward **M**otion **C**ompensation);
 - Controle v/h (Navegação Automática);
 - Suspensão Giro Estabilizada
 - T-AS (Z/I), PAV-30 (LH);
 - Sistemas de Lentes
 - Topar, Pleogon, Lamegon;
 - Softwares de Controle de Vôo;
- **Maiores Fabricantes**
 - Leica e Wild (Leica Geosystems)
 - Zeiss (Z/I)



LH SYSTEMS RC30

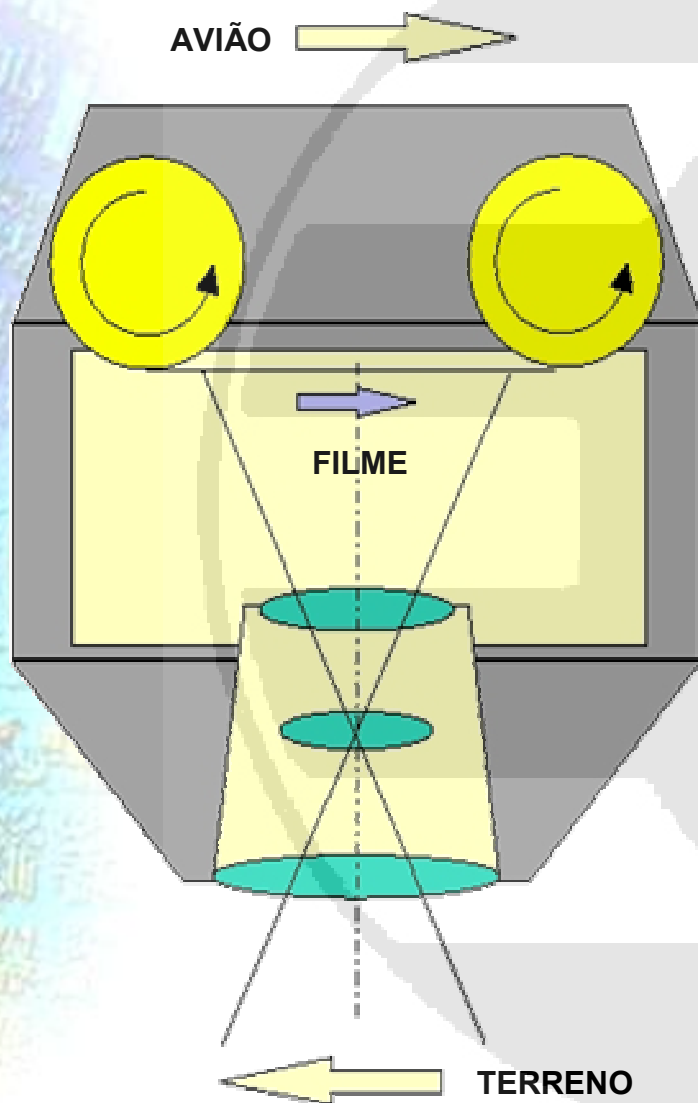


ZEISS LMK



ZEISS RMK TOP

Características da Câmara Aérea de Filme



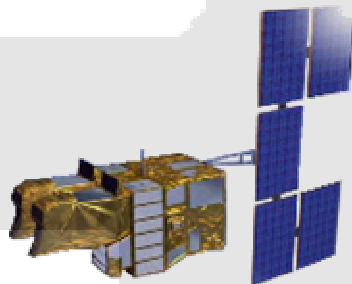
- **Formato**
 - 230 x 230mm
- **Recobrimento**
 - Longitudinal: 60 a 90%
 - Lateral: 10 a 30%
- **Resolução**
 - 2,5 μm
- Deslocamento do filme na direção do voo durante a exposição para compensar o arrasto na imagem (FMC)

Antecedentes das Câmaras Digitais

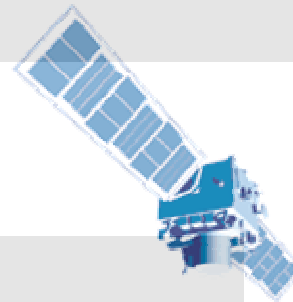
- **Sensores Digitais** são utilizados em satélites há mais de 30 anos;



Landsat 1-7 (1972)
15m PAN / 30m MS



SPOT 1-5 (1986)
2,5 e 5m PAN / 10m MS



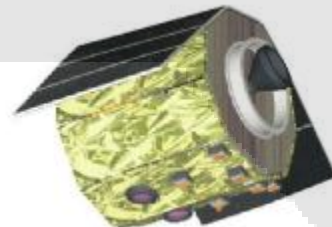
IRS-1A (1988)
5,8m PAN / 70 e 188m MS



IKONOS (1999)
1m PAN / 4m MS



QuickBird (2001)
0,6m PAN / 2,4m MS



RapidEye (2004)
6,5m MS

?

Mudança da Tecnologia Filme para Digital

- **REDUÇÕES DE CUSTO**

- Automatização
- Sem filme
- Sem laboratório
- Sem escanerização

- **MELHOR QUALIDADE**

- Melhor resolução radiométrica
- Melhor precisão radiométrica
- Simultaneidade de aquisição MS e PAN

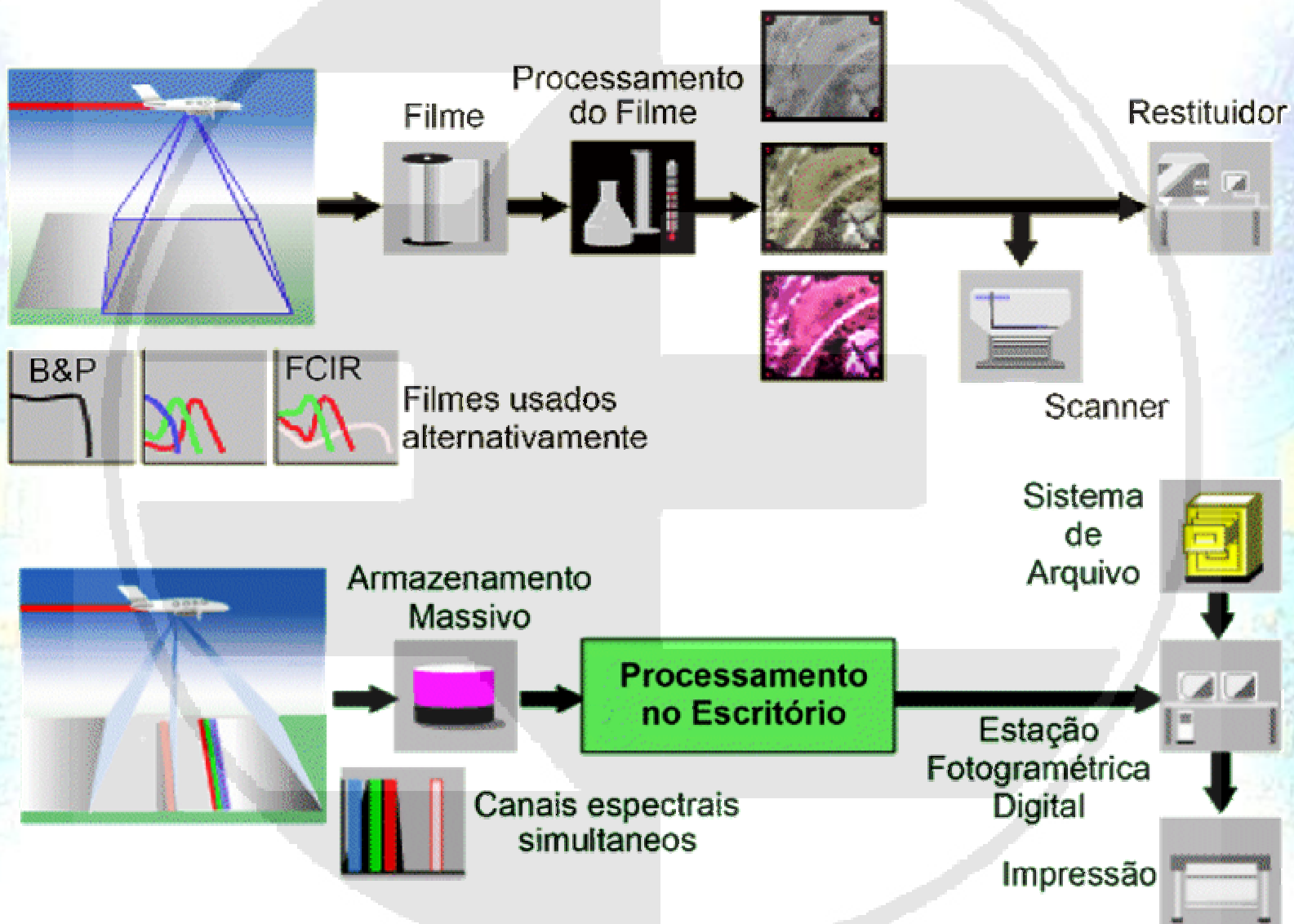
- **REDUÇÕES DE TEMPO**

- Menos Interrupções (processamento todo digital)
- Sem laboratório
- Sem escanerização

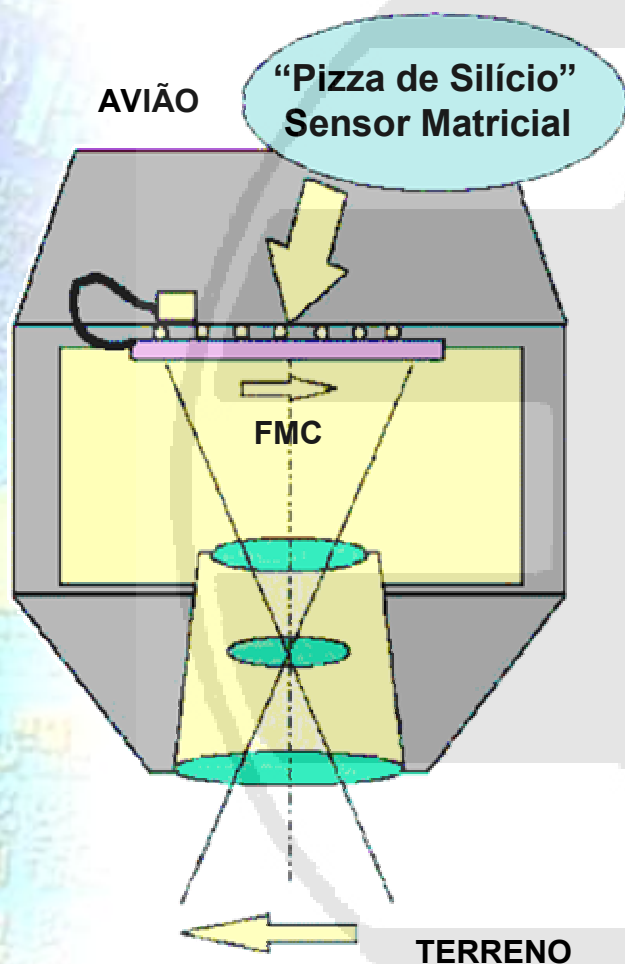
- **NOVAS APLICAÇÕES**

- Novas aplicações para imagens MS
- Aplicações de Tempo Crítico
- Suporte MS / PAN na interpretação

Mudança da Tecnologia Filme para Digital



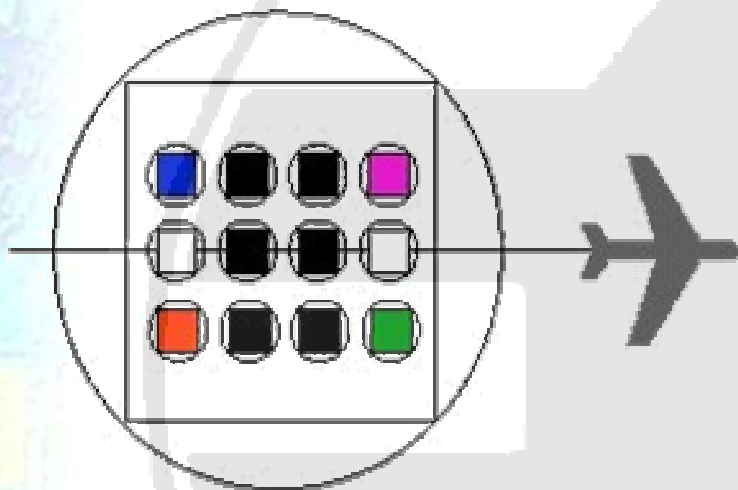
Características da Câmara Aérea Digital



- **Formato equivalente**
 - 230 x 230 mm
- **Tamanho do Pixel**
 - 9 a 14µm (CCD)
- **FMC no plano focal**
- **Mas,**
 - Tecnologia não disponível
 - Se existisse, muito caro
 - Longo tempo de exposição
- **Então:**
 - Sensores LINEARES
 - Sensores MATRICIAIS

Matricial X Linear

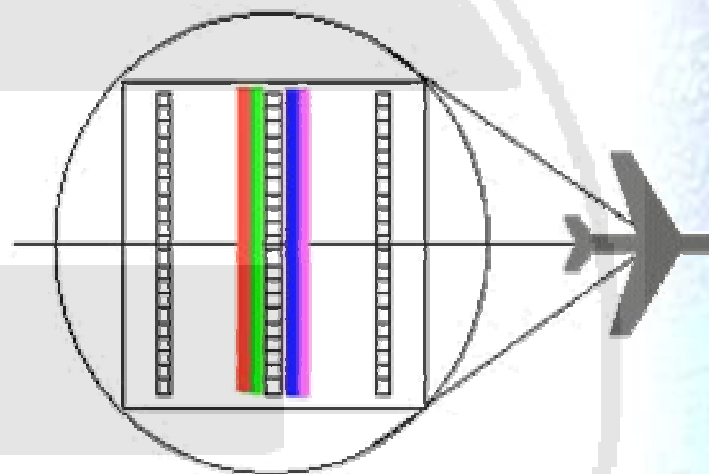
Sensores Matriciais



**8 a 12 Sistemas de Lentes
(8 a 12 focais)**

**8 a 12 Sensores Matriciais
PAN, R, G, B, IR
(ampliar cap resolutive e FoV)**

Sensores Lineares

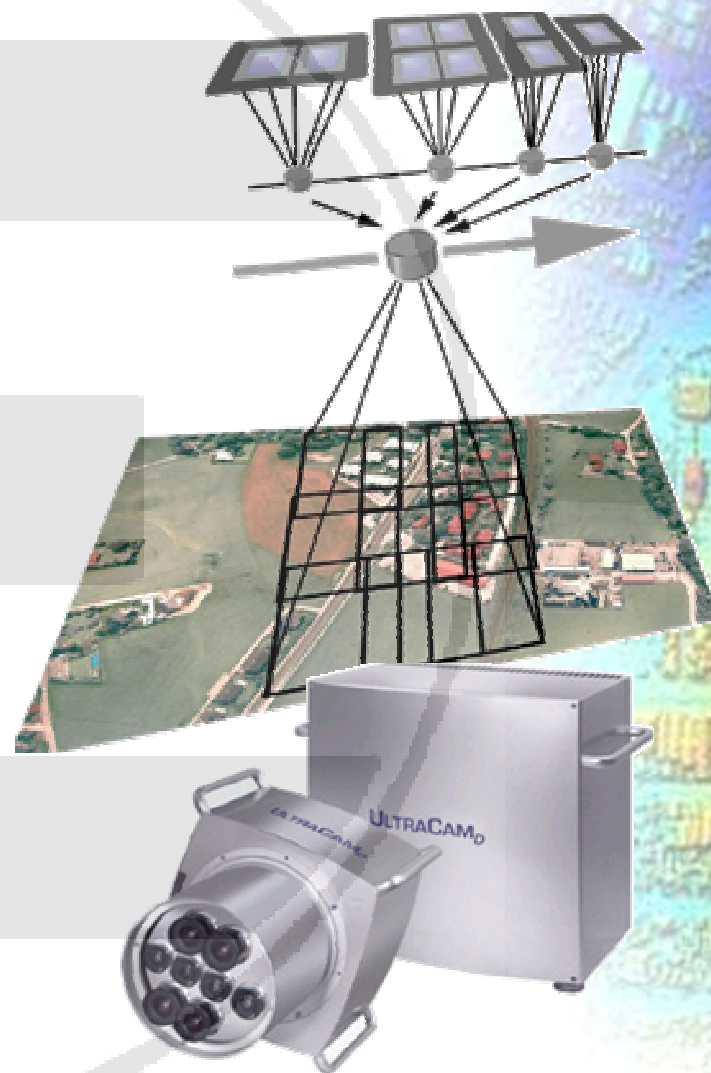


**1 a 3 Sistema de Lentes
(1 ou 3 focais)**

**3 a 6 Sensores Lineares
PAN (Estéreo)
3 a 7 Sensores MS RGB e IR**

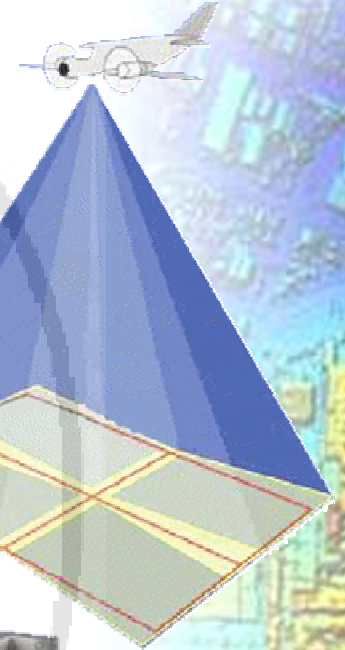
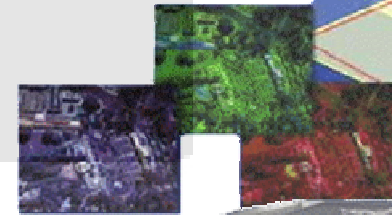
Sensor Matricial – UltraCam D (Vexcel)

- Anunciada no ISPRS do Alasca maio/03
- Especificações:
 - FOV: $55^{\circ} \times 37^{\circ}$
 - Focal PAN: 4 x 100mm
 - Focal MS: 4 x 33mm
 - 13 CCDs matriciais: 9 PAN e 4 MS
 - PAN: 11,5 x 7,5 k, MS: 4 x 2,7 k
 - Int. Exposição: 1 s
 - Memória: >1,5 TB (28 HD 60GB)
 - GSD: 5 cm (500m)



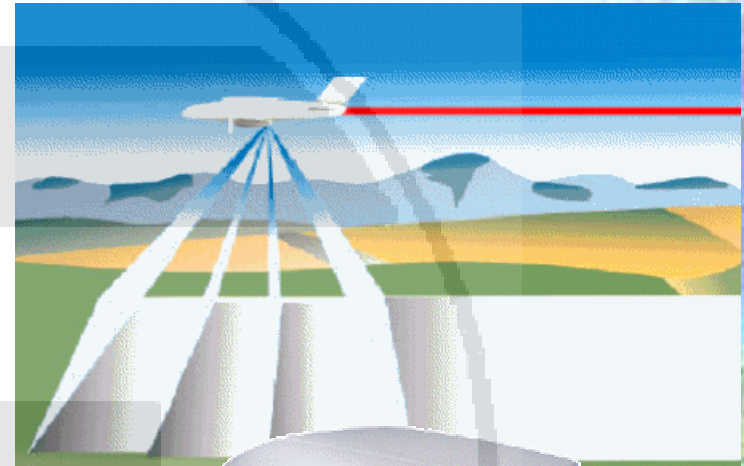
Sensor Matricial – Z/I DMC (Intergraph)

- Anunciada na PHOWO1999 - Comercial em 2002
- Especificações:
 - Fov: $69^\circ \times 42^\circ$
 - Focal PAN: 4 x 120mm inclinadas
 - Focal MS: 4 x 25mm
 - 8 CCDs matriciais: 4 PAN (7 x 4k) e 4 MS (3 x 2k)
 - PAN: 13,8 x 7,7 k, MS: 3 x 2k
 - Int. Exposição: 2 s
 - Memória: 864 GB
 - GSD: 6 cm



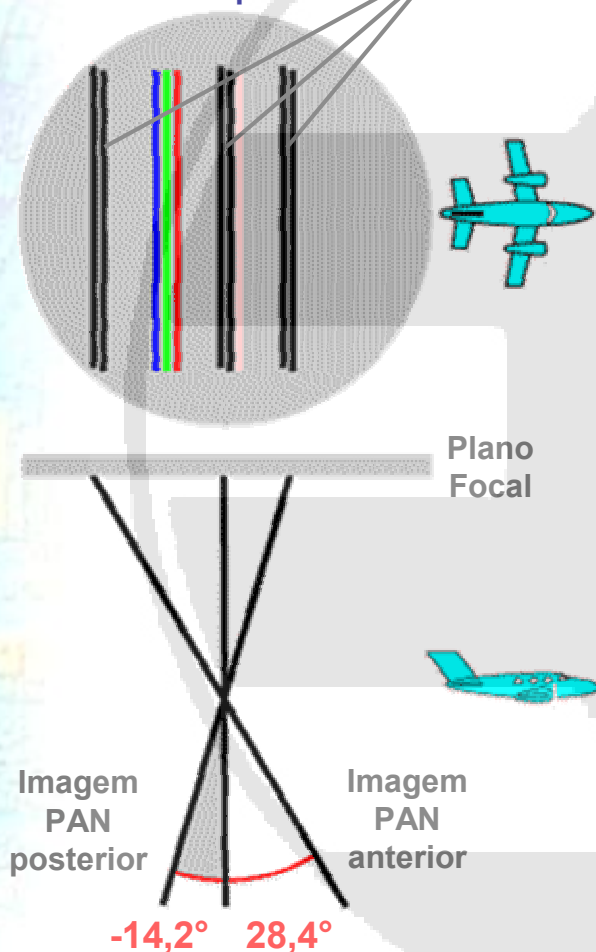
Sensor Linear – ADS40 (Leica)

- Lançada no XIX Congresso (ISPRS) de 2000 (Amsterdã) - Desenvolvida pela LEICA Geosystems e DLR (Centro Aeroespacial Alemão)
- Especificações:
 - 3 (6) CCD PAN lineares (2 x 12.000 pixels) deslocados de 1/2 pixel
 - 4 CCD MS (12.000 pixels)
 - Ângulo de abertura (FoV): 64°
 - Lente Telecêntrica Focal: 62,5 mm
 - Tempo de integração (exposição): 1,25 a 5ms
 - 3 Modelos Estereo: 14°, 28°, 42°
 - Memória: 540 GB Removível
 - GSD: 5cm



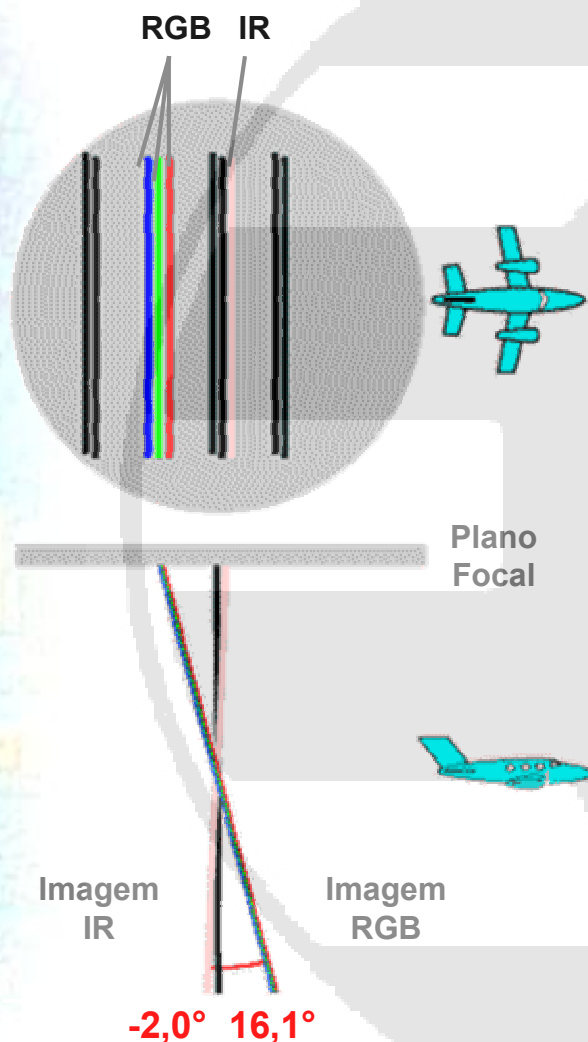
Princípio do Sensor Linear (Push Broom)

3(x2) Sensores CCD lineares
12.000 pixels

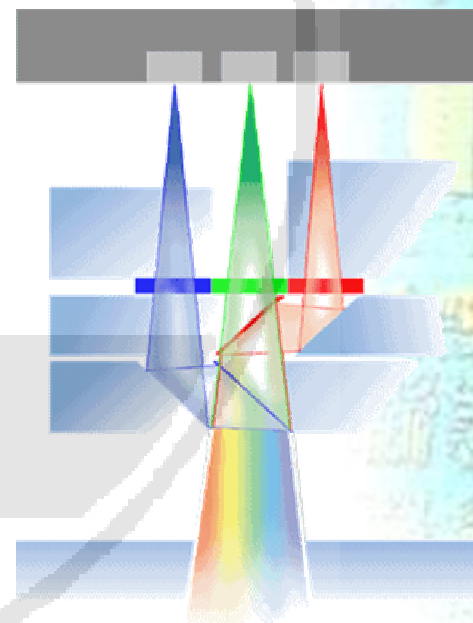


- **CCD** 2 x 12.000 pixels deslocado $\frac{1}{2}$ pixel
- Resolução **PAN** = 12 e 24k pixels
- Sensor **Tri-linear**
 - Visada **PAN** anterior $28,4^\circ$
 - Visada **PAN** posterior $-14,2^\circ$
 - Visada **PAN** Nadir
- Imagem Estereoscópica
 - $14,2^\circ$, $28,4^\circ$ e $42,6^\circ$
 - **MDE** triplo

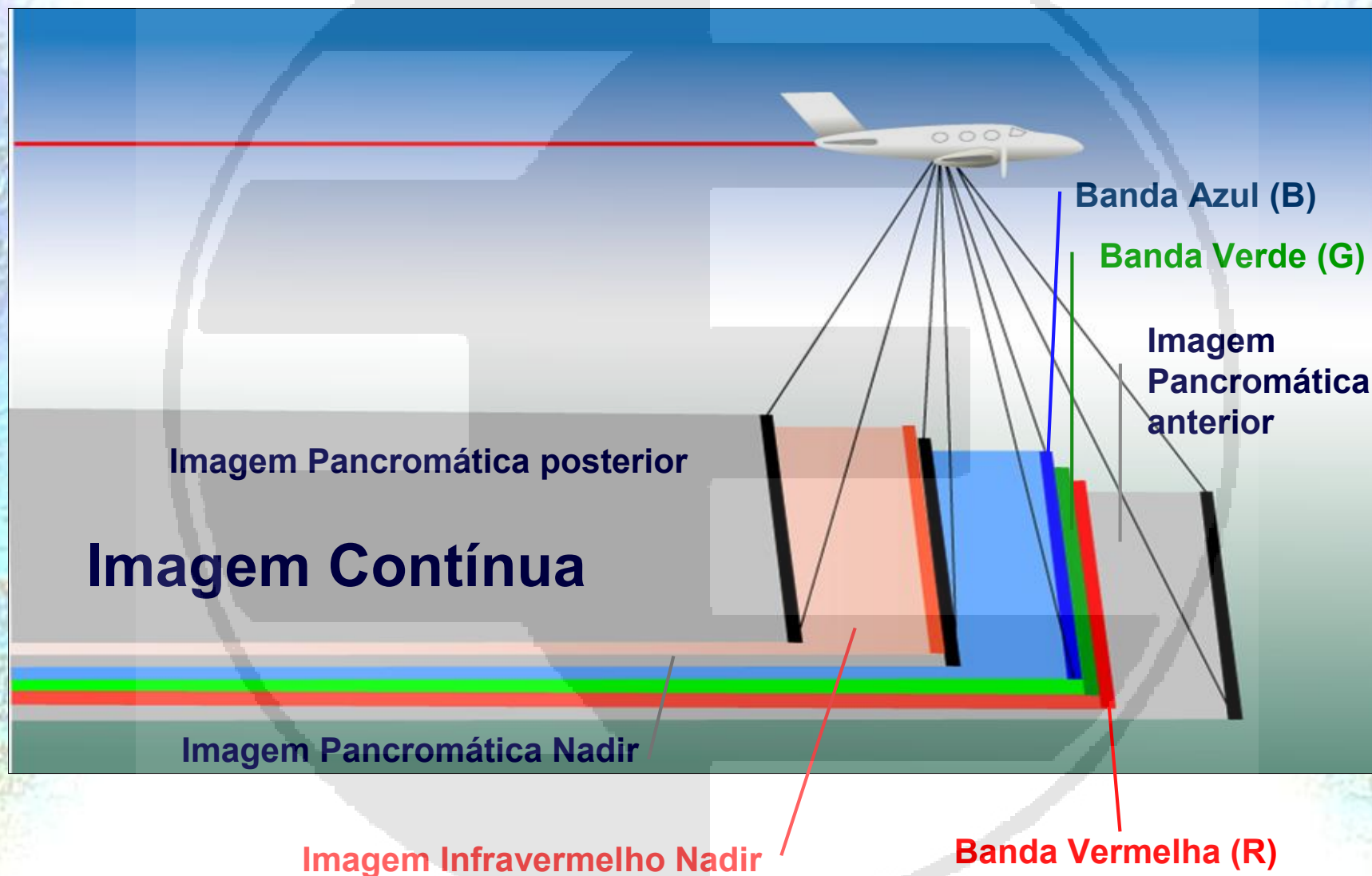
Princípio do Sensor Linear (Push Broom)



- **Sensores Multiespectrais**
12000 pixels
- Visada IR posterior $-2,0^\circ$
- Ângulo de Abertura **FOV** 64°
- Visada **RGB** anterior $16,1^\circ$ com mesmo ângulo de incidência (*trichroid*)

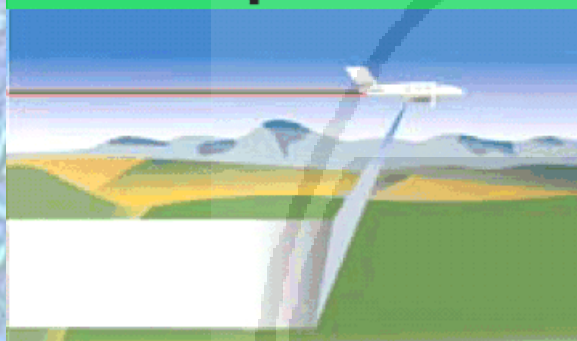


Princípio do Sensor Linear (Push Broom)



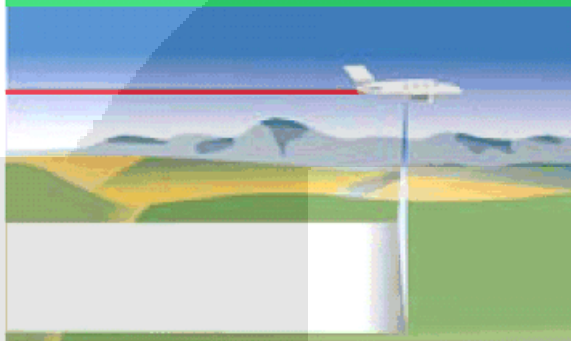
Princípio do Sensor Linear (Push Broom)

Cena posterior



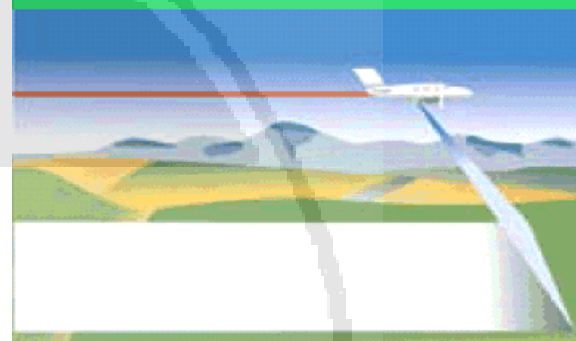
Compostas pelas linhas da vista posterior (ré)

Cena Nadir

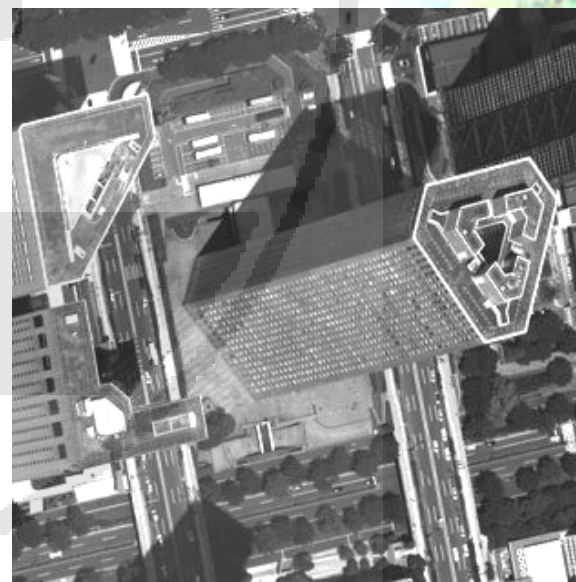
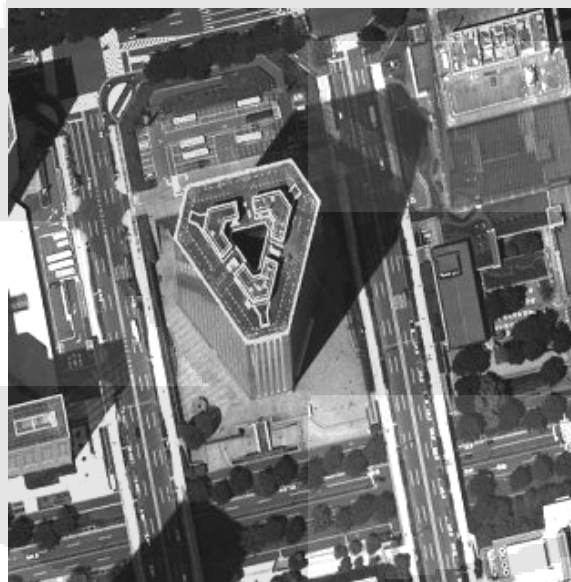
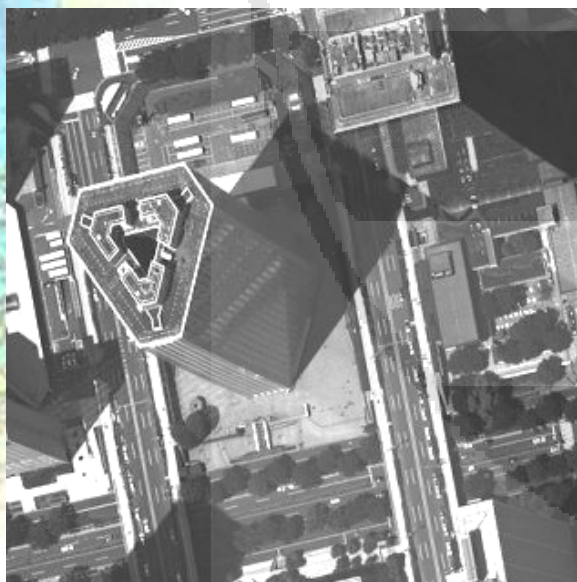


Compostas pelas linhas da vista do nadir

Cena anterior



Compostas pelas linhas da vista anterior (vante)



Processamento de Imagem

Nível 0 Bruta

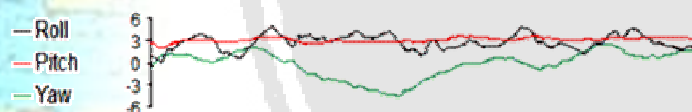
Sem plataforma giroestabilizada



Nível 1 Retificada

Dados GPS e Inercial (IPAS)

Passível de visão estereocópica

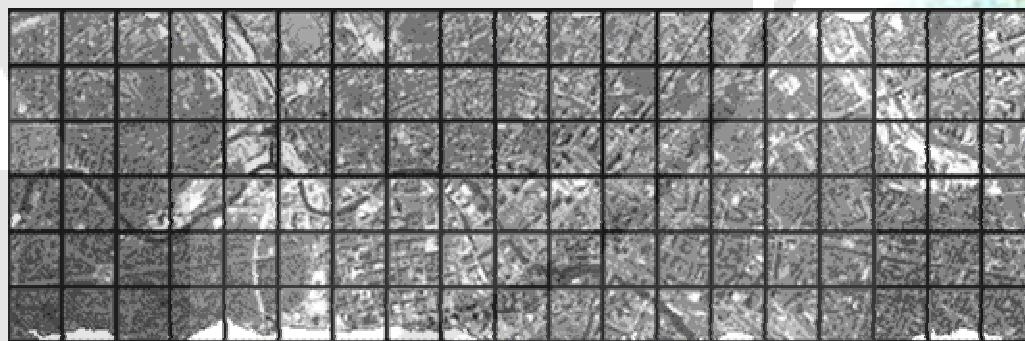


Nível 2 Geocodificada

Aerotriangulação

Retificação diferencial

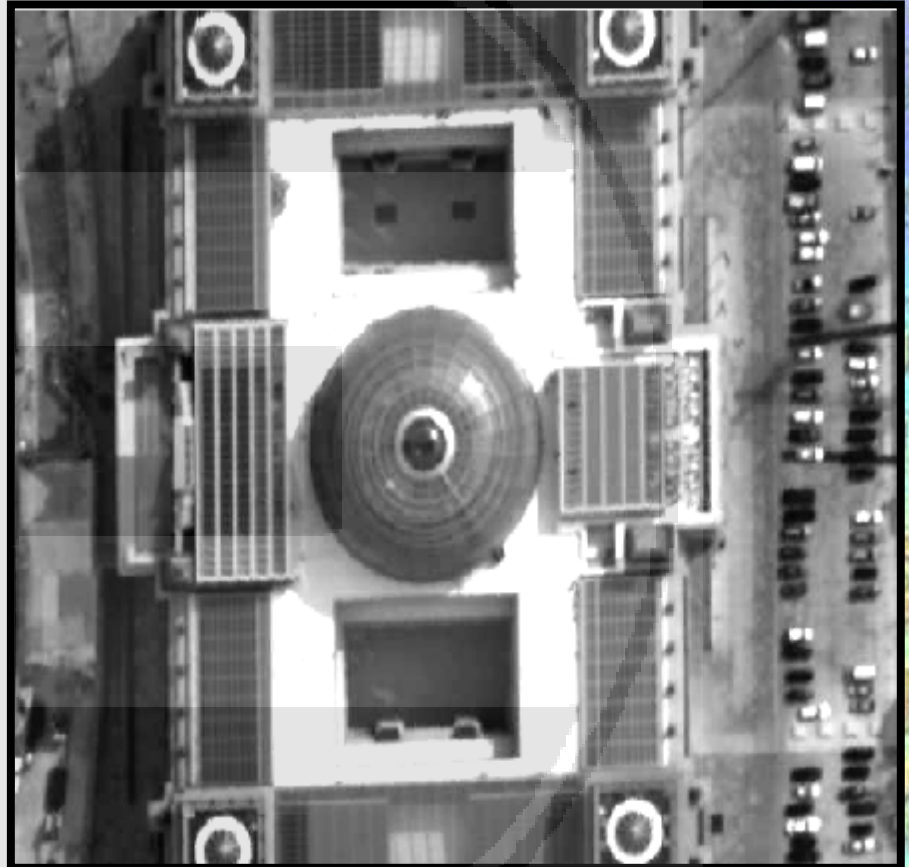
MDE, Restituição, Classificação



Processamento de Imagem



Nível 0



Nível 1

A Câmera ADS40 para Mapeamento ...



Premissas Básicas

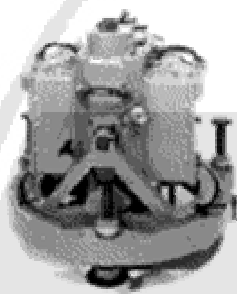
- **Atualização Tecnológica** e Sobrevivência;
- ESTEIO possui um sensor com **perspectiva central** de última geração (RMK TOP);
- **Outras opções** de utilização e mercado;
- Os custos são **equivalentes** para as três alternativas consideradas (ADS40, UltraCamD, DMC) – tecnologia fez a diferença;
- Os **programas fotogramétricos** que a ESTEIO utiliza trabalham com os dois tipos de sensores;
- Menor custo de **manutenção e calibração**:
 - Sensor sem componentes mecânicos (obturadores);
 - Uma única lente a ser calibrada.

Confiabilidade e Tradição

Câmaras aéreas são produzidas pela LEICA desde 1935 ...



Wild RC5a



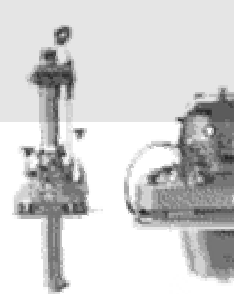
Wild RC7



Wild RC8



Wild RC9



Microprocessor Wild RC10A



Multiprocessor Wild RC20

LEICA produz atualmente vários equipamentos e softwares destinados ao Mapeamento.



ALS 50 phase II
Perfilamento a LASER



ADS 40
Câmara Aérea Digital



DSW 700
Escaner Fotogramétrico



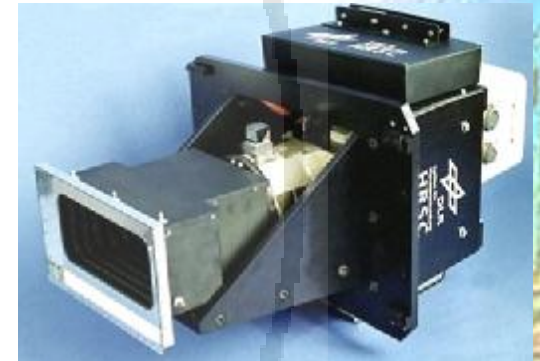
RC 30
Câmara Aérea

Aperfeiçoamento da Tecnologia



- Sensor Trilinear foi inventado pelo Dr. Otto Hoffman em 1972 ...
- **DPA** (Digital Photogrammetric Assembly) – **DASA** (Daimler-Benz Aerospace) – 1990;

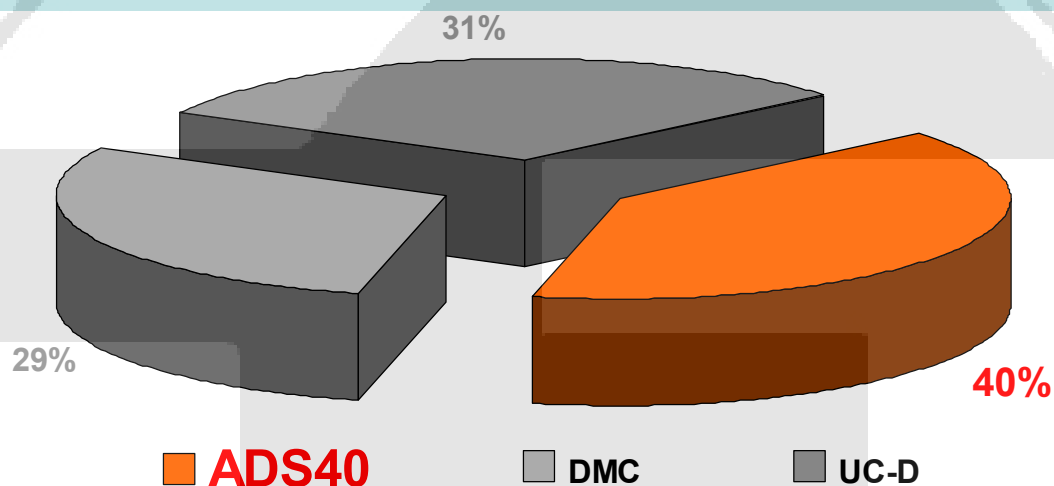
- **HRSC** (High Resolution Stereo Camera) – DLR (NASA Alemã) – 1995 (Missão Marte em 1996);
- **HRSC** foi utilizada pela empresa ISTAR para produção de dados para Telecom na Europa e EUA;



- O projeto da DLR foi adquirido pela **LEICA**, modificado (lentes telecêntrica, trichroid,...)
- Vem sendo aprimorado constantemente desde 1998 ...

Distribuição no Mercado

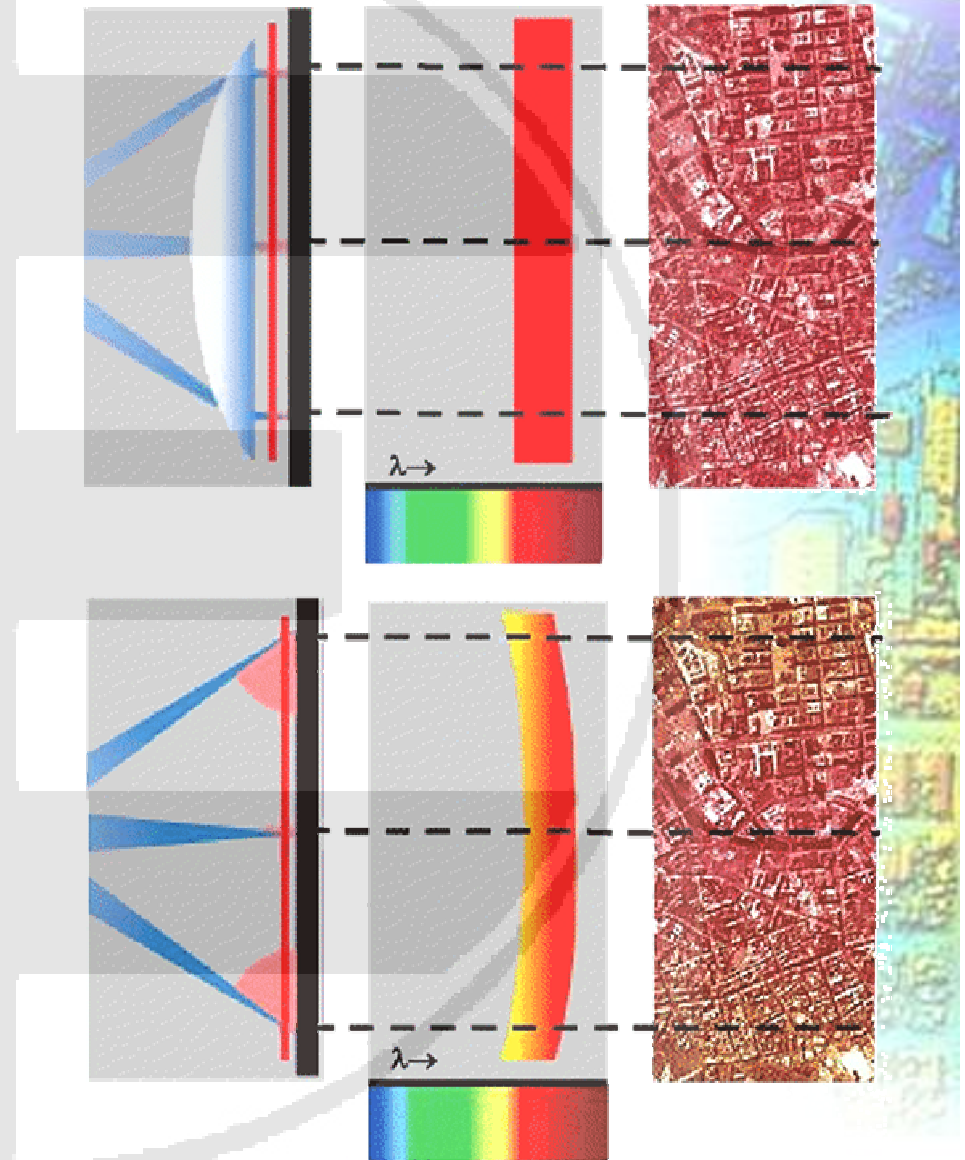
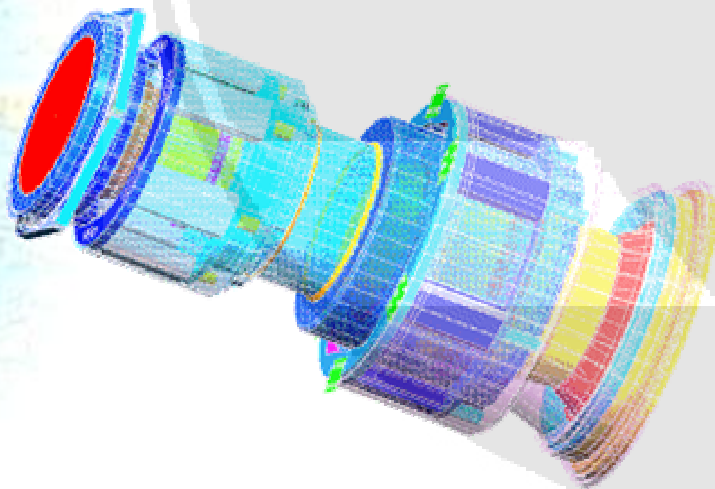
1.000 câmaras operacionais no mundo onde 10% são digitais ...



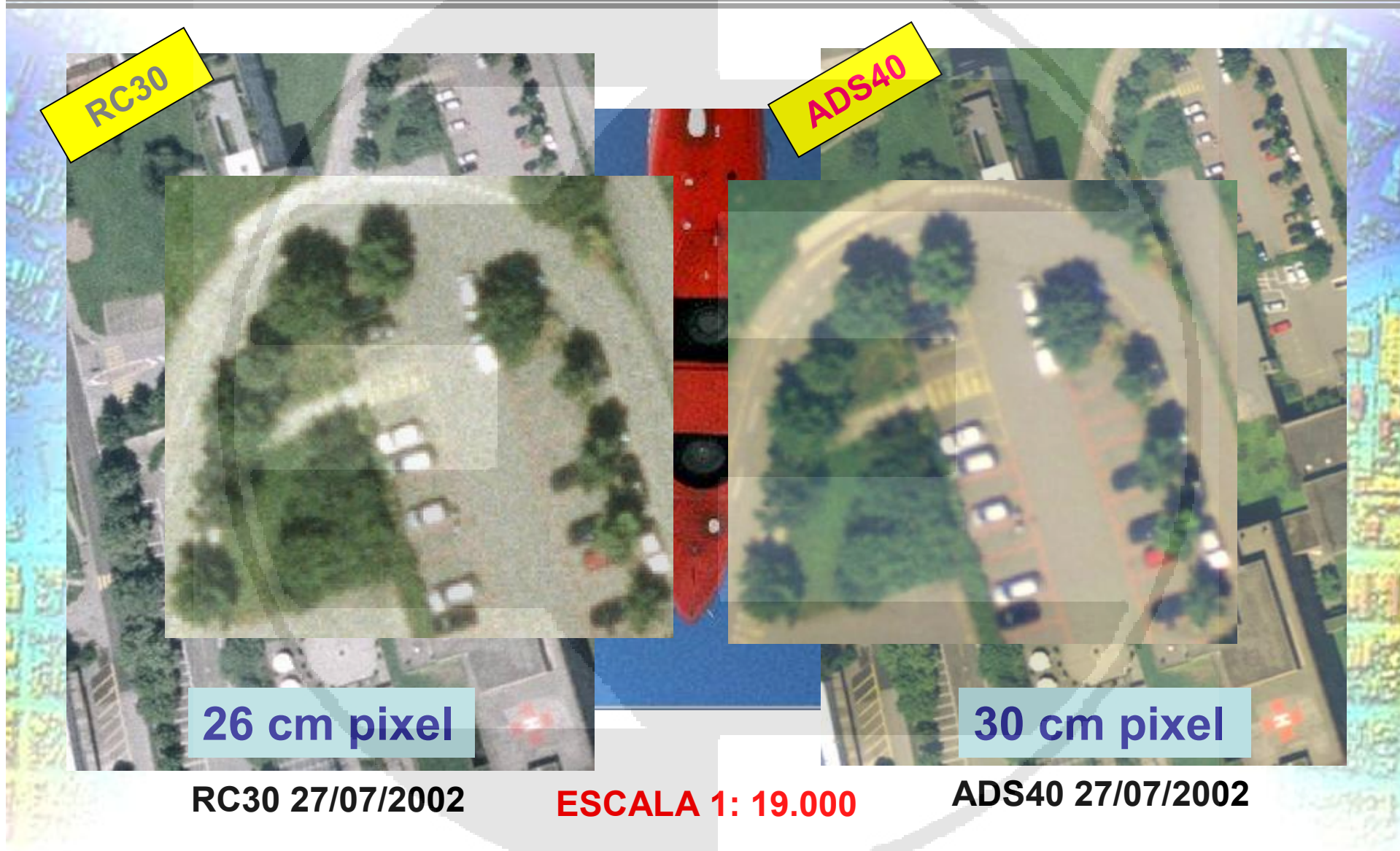
MERCADO	UNID	EUROPA	ORIENTE MÊDIO	AFRICA	ASIA	JAPÃO / CORÉIA	AMÉRICAS
ADS40	42	8			12	3	19
DMC	31	9			10	4	8
UC-D	33	12	2	2	6	6	5
TOTAL	106	29	2	2	28	13	32

Sistema de Lente Única (Telecêntrica)

- **Focal** = 62,7mm
- **Ângulo de campo** = 64°
- **Resposta espectral**
420-900 nm
- **Resolução**
~ 130 pares/mm
- **Precisão geométrica** 1 μ m



Resolução Multiespectral



GSD Multispectral

Referência

**Pancromática
12.000 pixels**



GSD de 15 cm

Sensor Linear ADS40

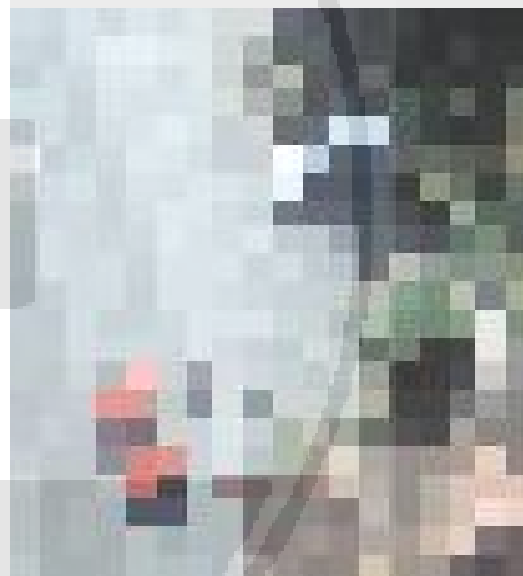
**Multispectral
12.000 pixels**



**GSD de 15 cm
igual resolução
pancromática**

Sensor MATRICIAL

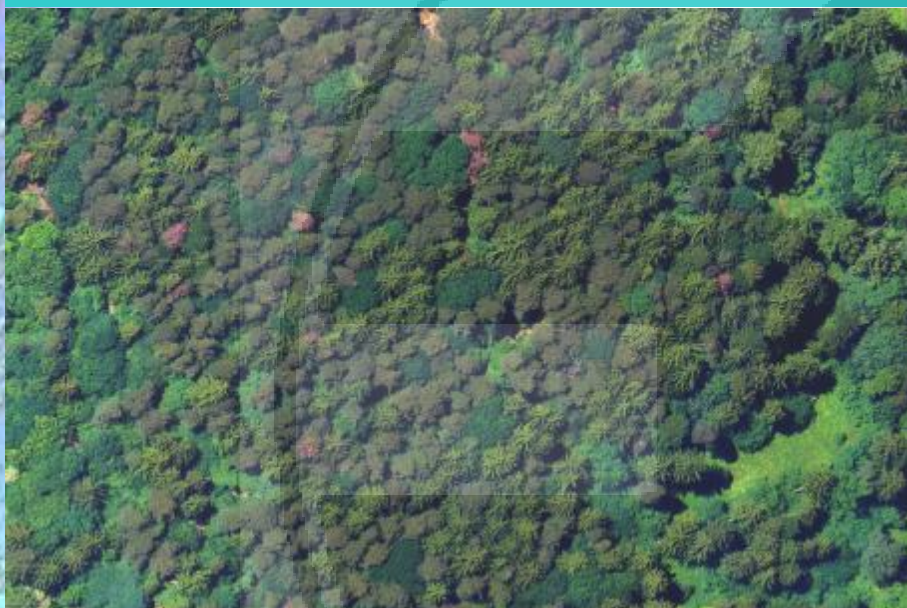
**Multispectral
4 e 3k pixels**



**GSD de 43 e 70 cm
GSD de tamanho
menor na
Multispectral**

Resolução Radiométrica

Sensor Linear



- **CCD** sem distorção de cores permite melhor interpretação da vegetação.

Sensor Matricial



- Imagem com colorização (*pan-sharpening*) baseada em dados espectrais com 8 a 22 vezes menor resolução dificulta a interpretação de vegetação.

Imagem RGB co-registrada

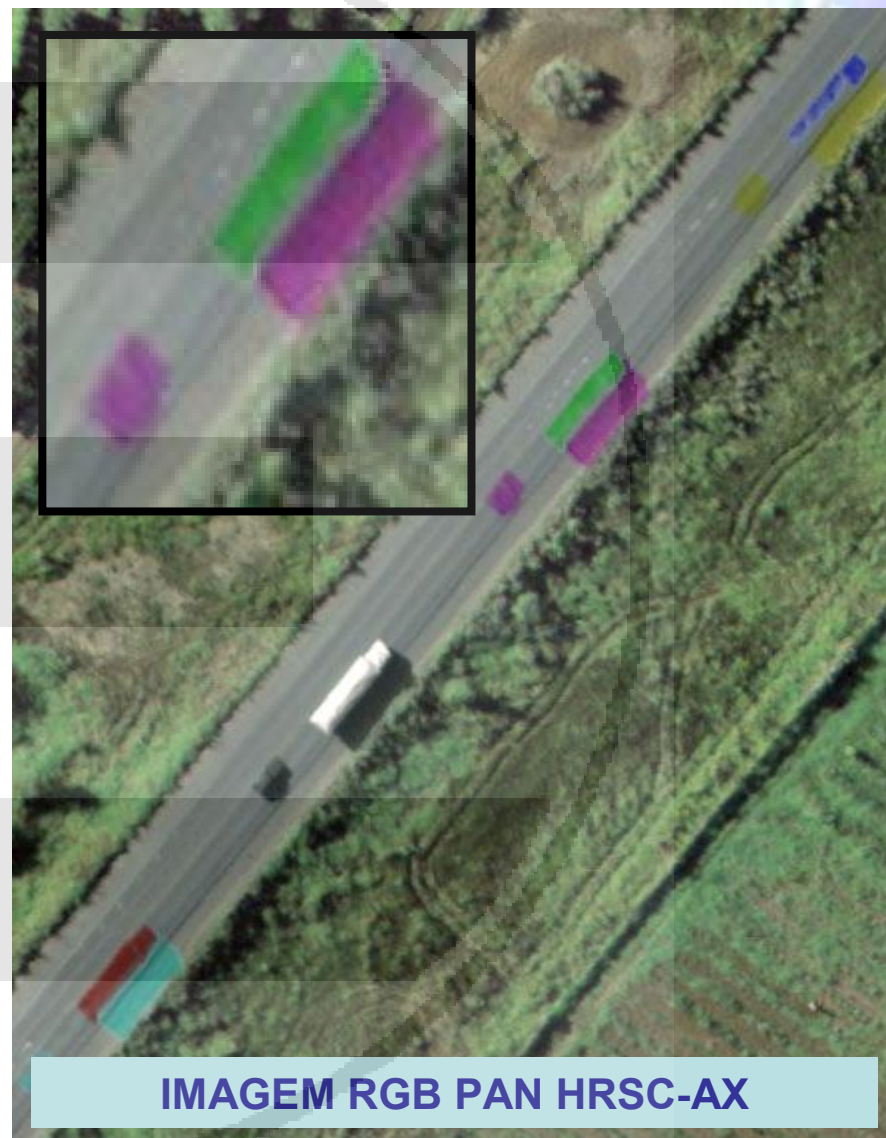
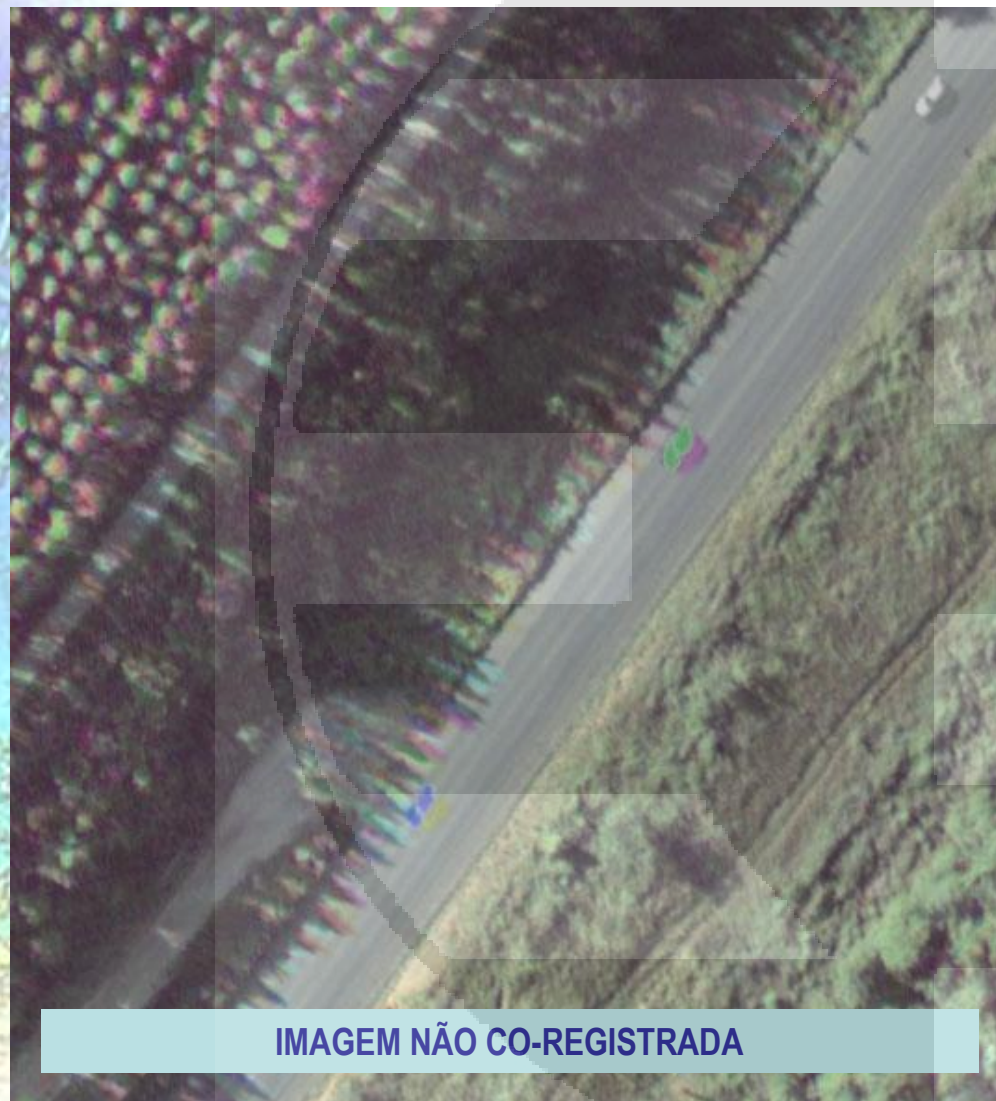
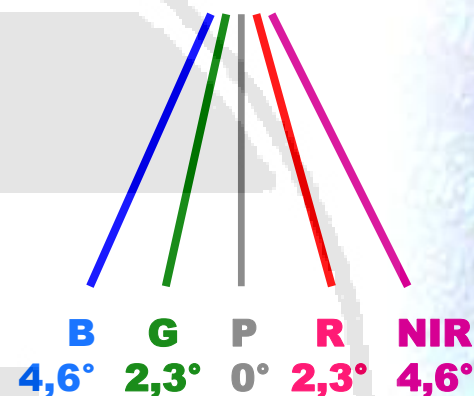


Imagem RGB co-registrada



CONFIGURAÇÃO MATRICIAL



- $h=4.000\text{m}$ para GSD 25cm
 $v=70\text{ m/s}$ (250km/h)
- Ângulo de $2,3^\circ$
 $160\text{m} \rightarrow 2,5\text{ s}$
- $2,5\text{s}$ p/ obj a 100km/h $\rightarrow 80\text{m}$

**DIFERENTES ÂNGULOS DE
INCIDÊNCIA E COLETA NÃO
SIMULTÂNEA GERAM
SOMBRA NA IMAGEM RGB**

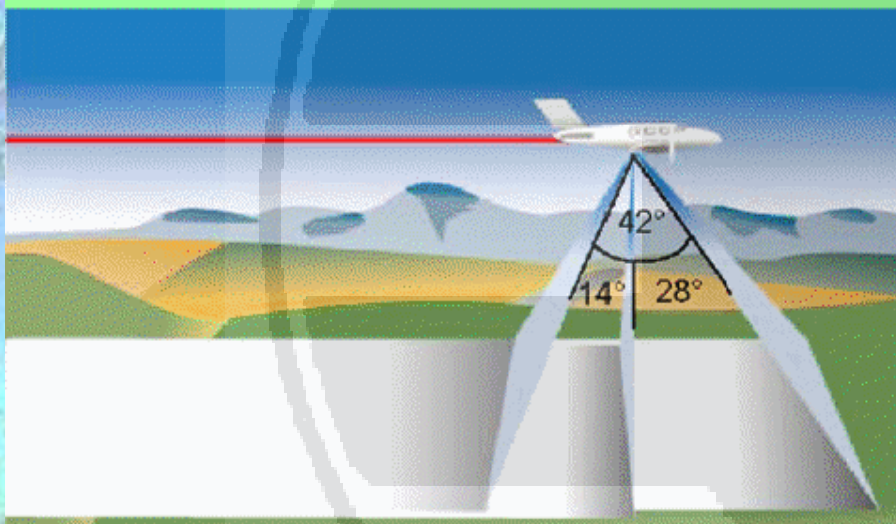


Imagem não co-registrada

Relação B x h

Perspectiva Linha Paralela

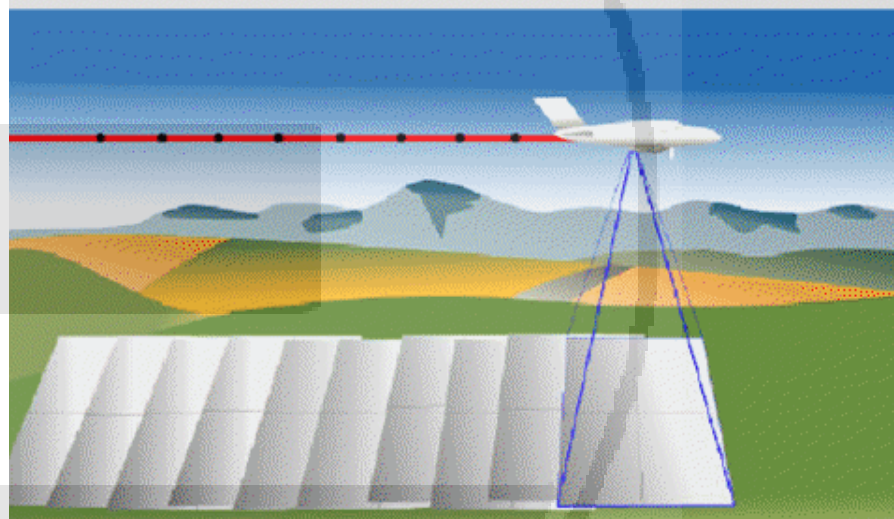
“Carpet” de pixels sem emendas
100% de superposição



Ângulos estéreo 14°, 28° e 42°
Relação B x h = **1,26**

Perspectiva Central

Múltiplas imagens emendadas
4 a 9 imagens fromam “frame”
60% de superposição



Ângulos estéreo 15,5° e 17,5° @ 60%
Relação B x h = **3,2 a 3,7**

Quanto menor a relação B x h, melhor a qualidade altimétrica

Menor Distorção Perspectiva



RC30 Imagem RGB



ADS 40 imagem PAN Nadir



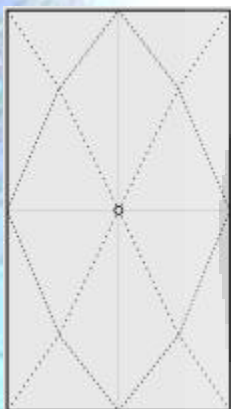
Menor Distorção Perspectiva



RMKTOP - RC30

23 x 23 cm

Perspectiva central



DMC

23 x 13 cm

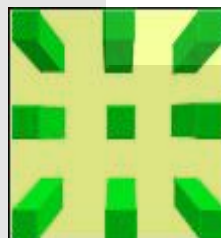
4 imagens oblíquas



ULTRACAM D

23 x 15 cm

9 imagens verticais

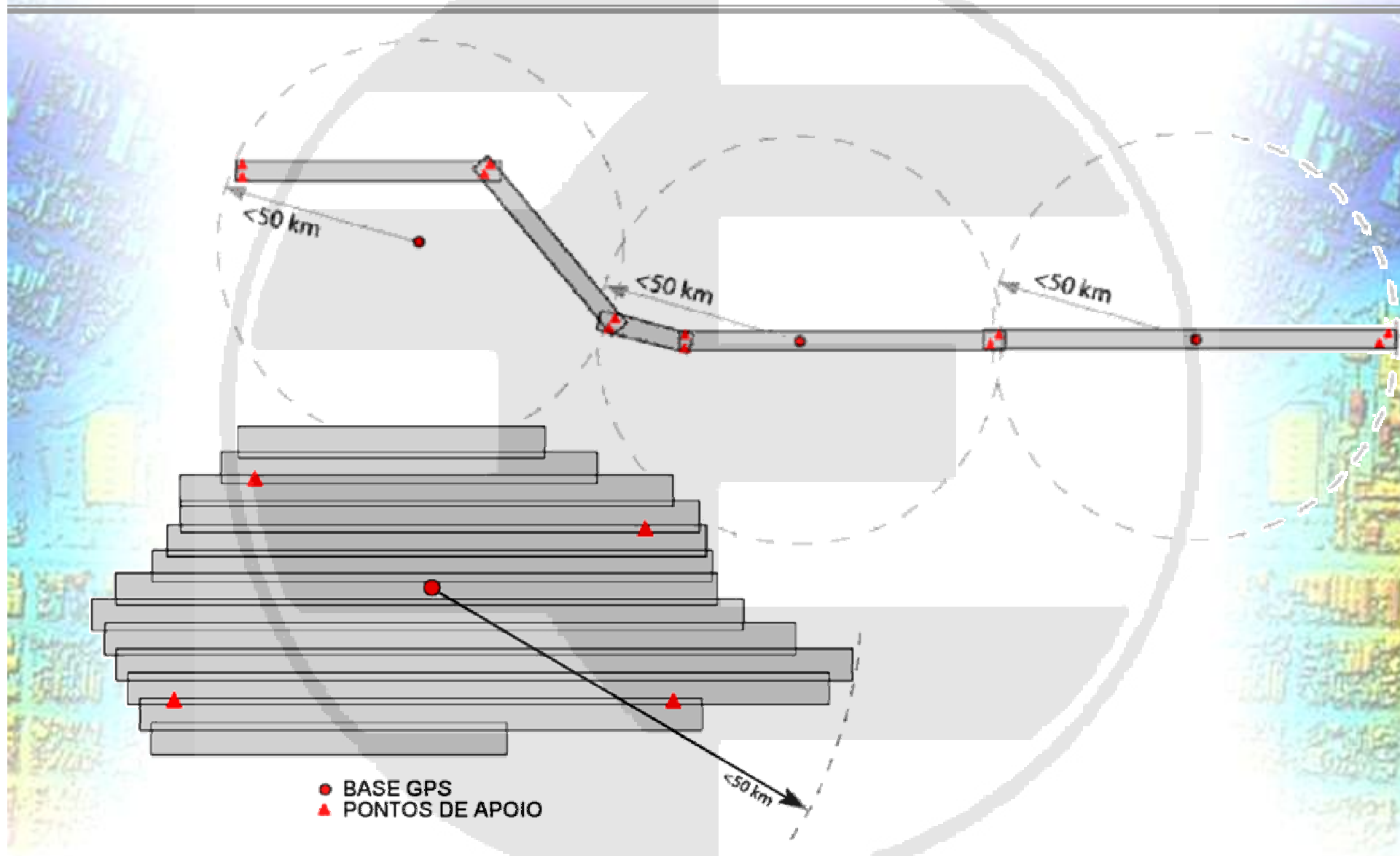


ADS 40

23 cm x comp faixa

Perspectiva Paralela

Diminuição de Apoio Terrestre



Menor Número de Modelos Estéreo

- Um **modelo estereoscópico** por faixa de voo.
- Visualização estereoscópica rápida, confortável e mais abrangente ...

TABELA COMPARATIVA

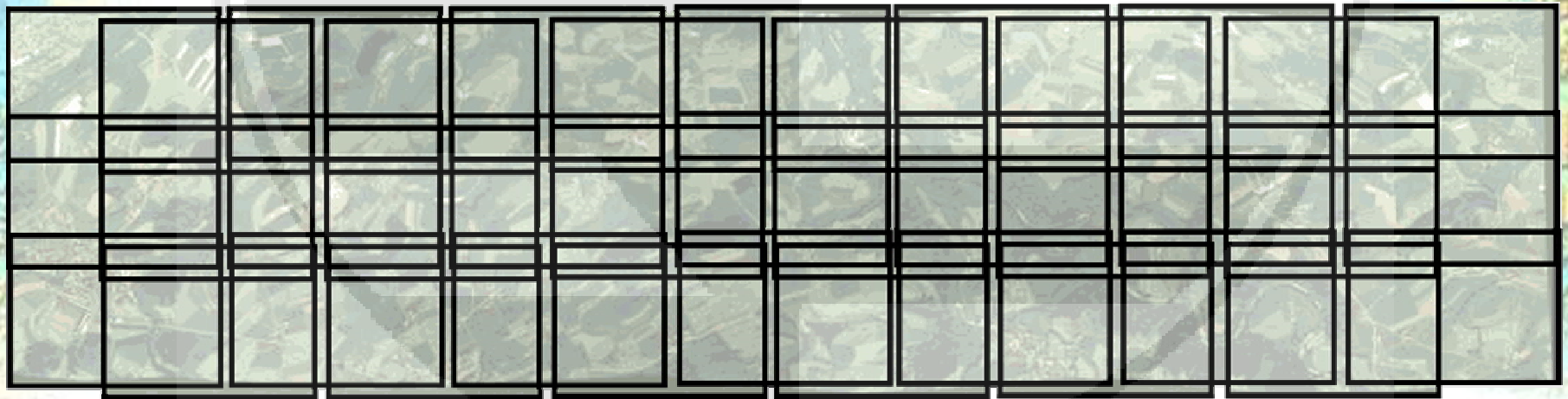
	RMKTOP	ADS40	DMC	UCAM-D	HRSC-AX
Pxl CCD (µm)	25 *	6,5	12,0	9	6,5
Focal (mm)	153	62,5	120	100	153
FoV (°)	74	64	69	55	41
Escala voo 1:	6.000	23.077	12.500	16.667	23.077
GSD (m)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Altura voo (m)	918	1.440	1.509	1.657	2.407
Lado trv (m)	1.380	1.800	2.073	1.725	1.800
Lado lng (m)	1.380	Faixa	1.152	1.125	Faixa
Modelo (m)	828	Faixa	691	675	Faixa
# Modelos	1	contínuo	1,20	1,23	contínuo

* Pixel do escaner

Menor Número de Modelos Estéreo



MODELO DO SENSOR LINEAR



MODELOS DO SENSOR MATRICIAL

Escalas de Mapeamento

GSD médio com ADS40	Escala do Mapa	Padrão		Comparável com fotos em filme	
		EMQ x-y	Equid	Escala da Foto	Tam Pxl no terreno (filme escanerizado)
5-10 cm	1:500	0,125 m	0.25 m	1:3.000 1:5.500	2,5-5 cm
20-30 cm	1:2.000	0,50 m	1m	1:8.000 1:11.000	10-15 cm
30-50 cm	1:5.000	1,25 m	2,5 m	1:12.000 1:18.000	15-25 cm
40-60 cm	1:10.000	2.50 m	5m	1:17.000 1:27.000	20-30 cm
50-80 cm	1:25.000	6,25 m	12,5 m	1:28.000 1:42.000	25-40 cm
50-100 cm	1:50.000	12,5 m	20 m	1:40.000 1:60.000	25-50 cm
50-100 cm	1:100.000	25 m	50 m	1:60.000 1:90.000	25-50 cm

Escalas de Mapeamento



Jul-06

PAN - GSD 6cm – h=580m – 11/2003 - Stuttgart

Escalas de Mapeamento



Jul-06

RGB - GSD 9cm – h=900m – 05/2005 - China

Escalas de Mapeamento

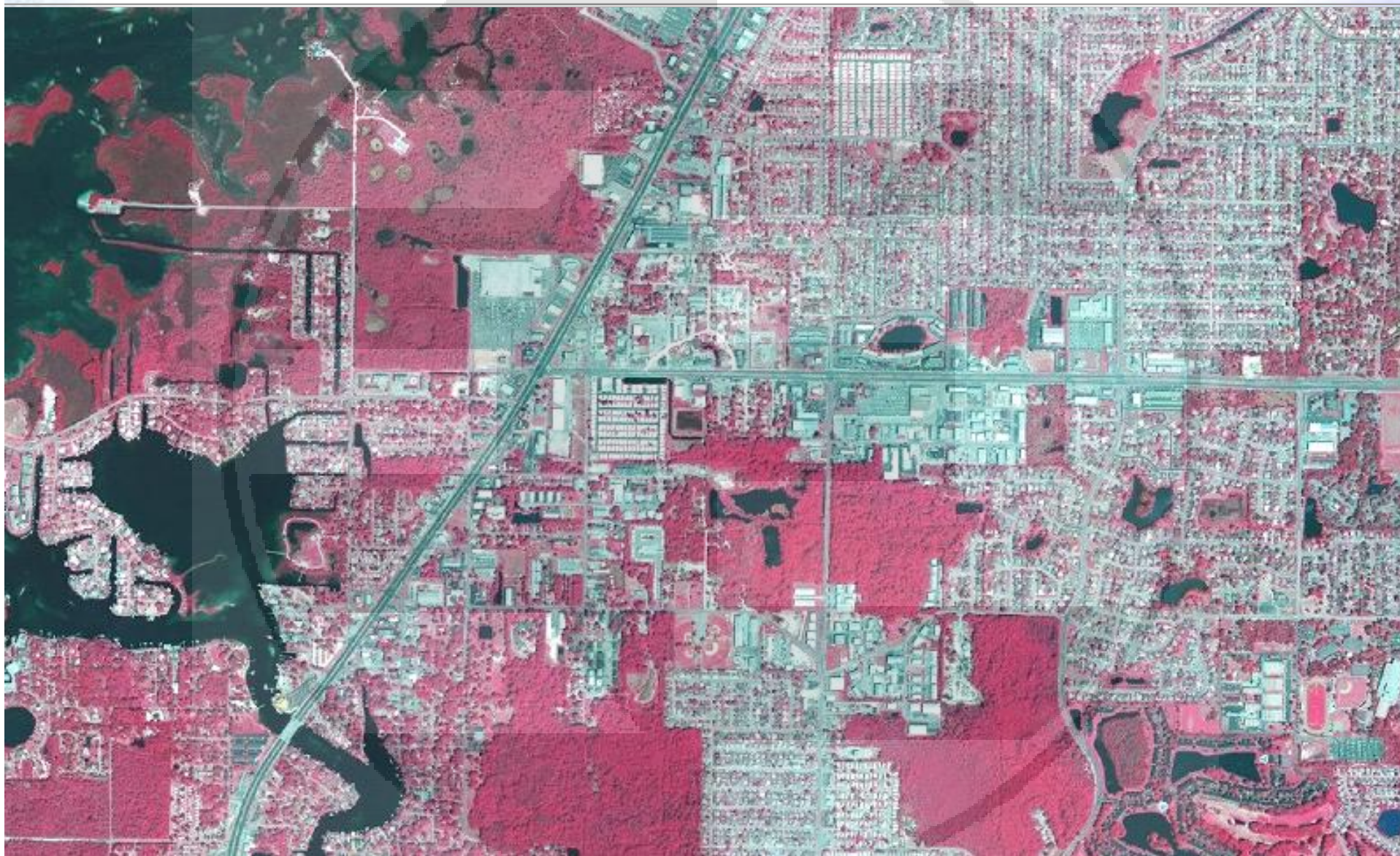


Jul-06

RGB - GSD 30cm – h=3.000m – 06/2005 - Beijing



Escalas de Mapeamento

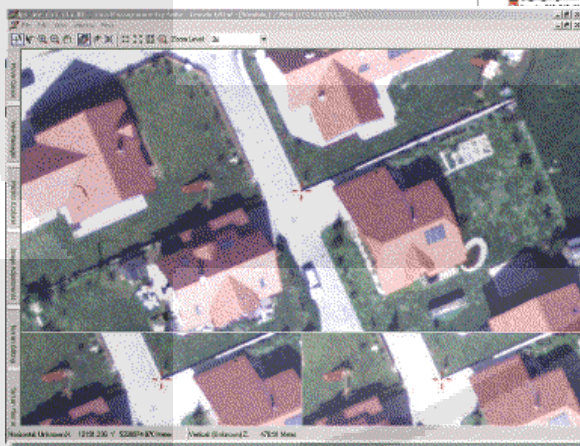
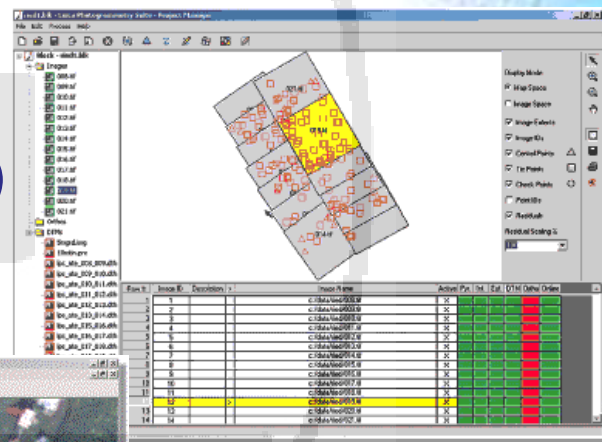


Jul-06

IR - GSD 70cm – h=7.000m – 06/2004 – Tampa,FL

Programas

- Os parâmetros de orientação do sensor ADS40 são disponibilizados pela LEICA;
- Programas que utilizam imagens de sensores lineares:
 - LPS *Leica Photogrammetric Suite* (ADS 40 e Convencional)
 - ISTAR – INFOTERRA (HRSC e ADS40)
 - SOCET SET (BAE Systems)
 - INPHO / DAT-EM (ADS40 e Convencional)
 - DIGI
 - ISM
 - KLT
 - Z/I Imaging
 - DVP (futuro próximo)



Qualidade Horizontal e Vertical

Resultados obtidos pela Universidade de Stuttgart em 2004

	dE	dN	dh
EMQ [m]	0,052	0,054	0,077
Média [m]	0,000	-0,022	0,045
Máx [m]	0,133	0,188	0,242

GSD 15 cm – h=1.500 m – 12 ptos controle – 198 ptos testados

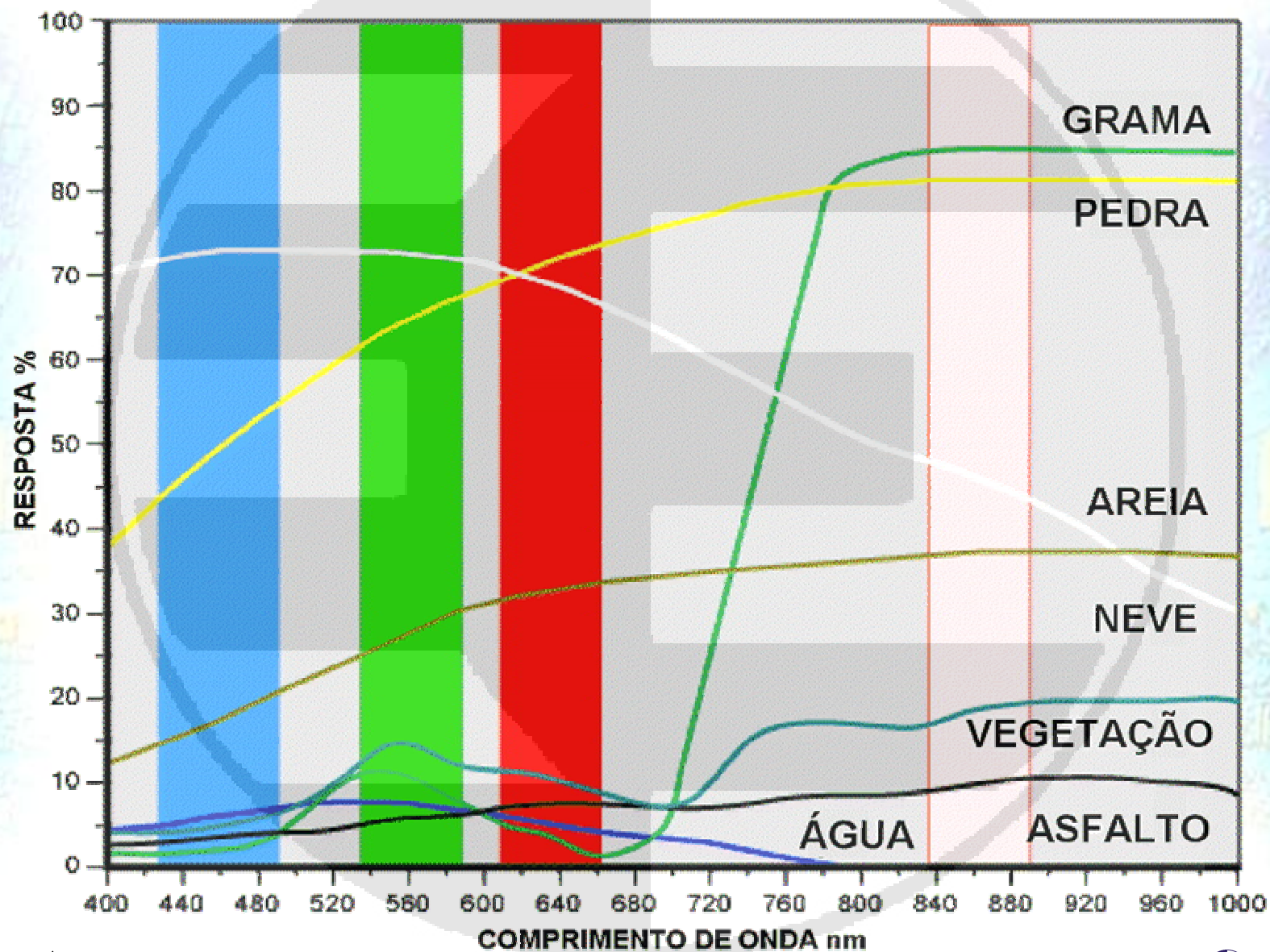
	dE	dN	dh
EMQ [m]	0,110	0,086	0,158
Média [m]	0,094	-0,064	0,142
Máx [m]	0,242	0,256	0,351

GSD 15 cm – h=1.500 m – 0 ptos controle – 202 ptos testados

STUTTGART UNIVERSITY (ifp)

Fonte : Innovations to Increase Productivity of Airborne Sensors
Peter Fricker & Doug Flint , PHOWO 2005

Resposta Espectral



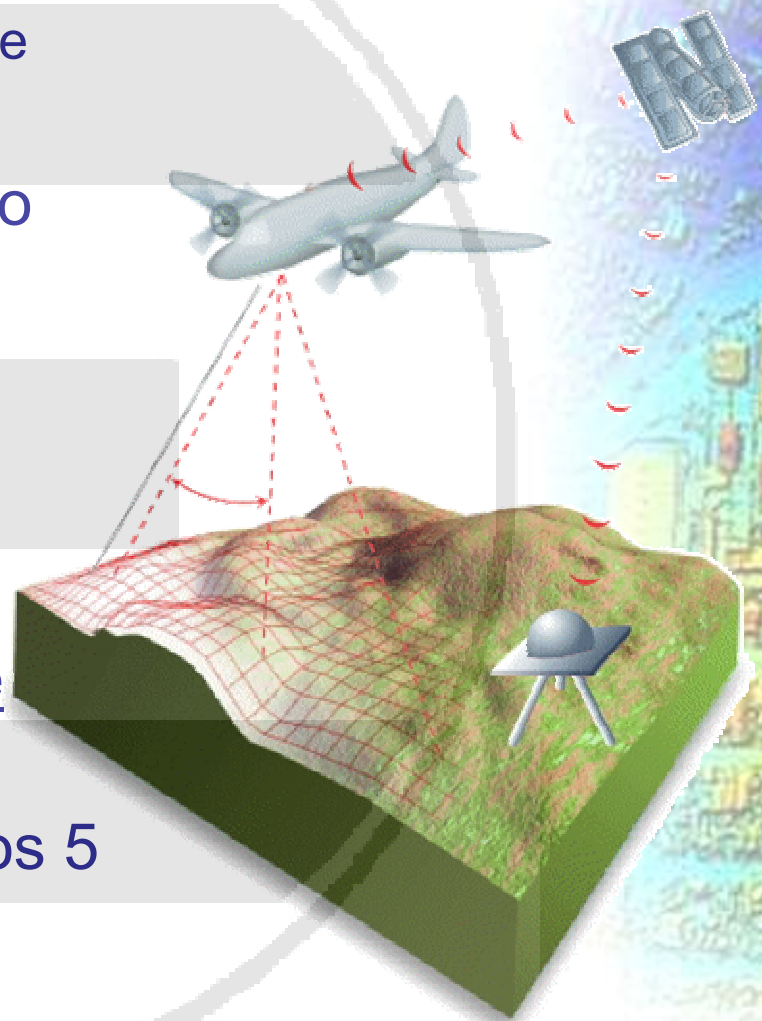
O Perfilador a LASER ALS50 para Mapeamento ...

Introdução

- Perfilamento a LASER Aerotransportado (ALS - Airborne LASER Scanning)
 - Ultrapassa a primeira década de existência comercial.
- Estado Atual
 - ALS fundamentado como uma ferramenta viável e valiosa para o cartógrafo;
 - Coleta de dados de elevação e retificação de ortofotocartas.
- Cartografia “acomodou” a tecnologia
 - Ferramenta de qualidade altimétrica - domínio da Fotogrametria Analítica.

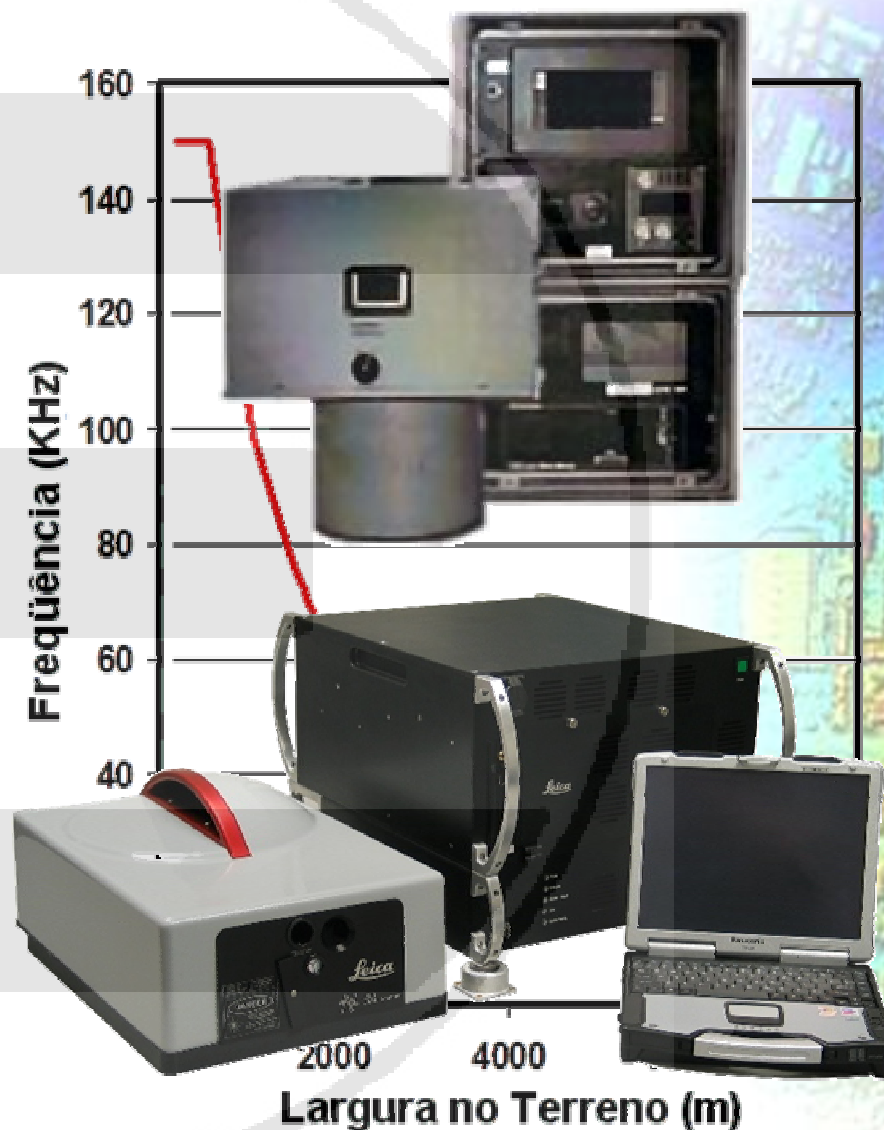
Mundo ALS

- **Cenários**
 - MDT's em áreas não economicamente viáveis para Fotogrametria;
- **Maiores fabricantes** na disputa do mercado cartográfico
 - maior capacidade de varredura;
 - maior altura de trabalho;
 - melhor detecção de pulsos refletidos;
 - facilidade e segurança de operação.
- **Lançamentos** obedecem a Lei de Moore
- **Crescimento contínuo** nos últimos 5 anos
 - **US\$ 330 milhões** em 2005.



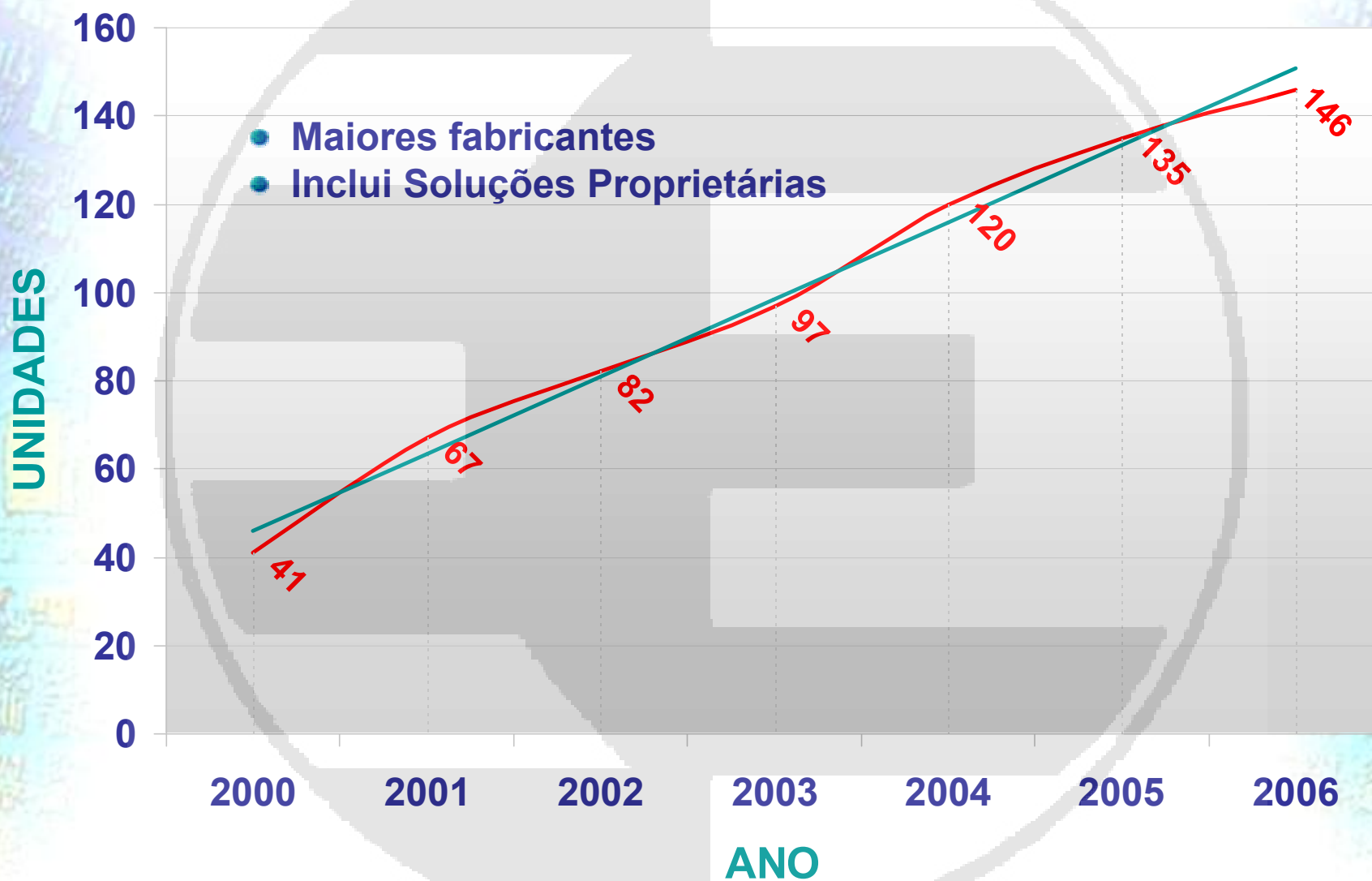
Evolução

ANO	f (KHz)	H (m)
	2	1.000
1995	5	1.200
1998	10	2.000
1999	25	2.000
2001	33	3.000
2002	50	3.000
2003	70	3.000
2004	100	4.500
	150	6.000



Imagens: Prospecto Virtual do Fabricante

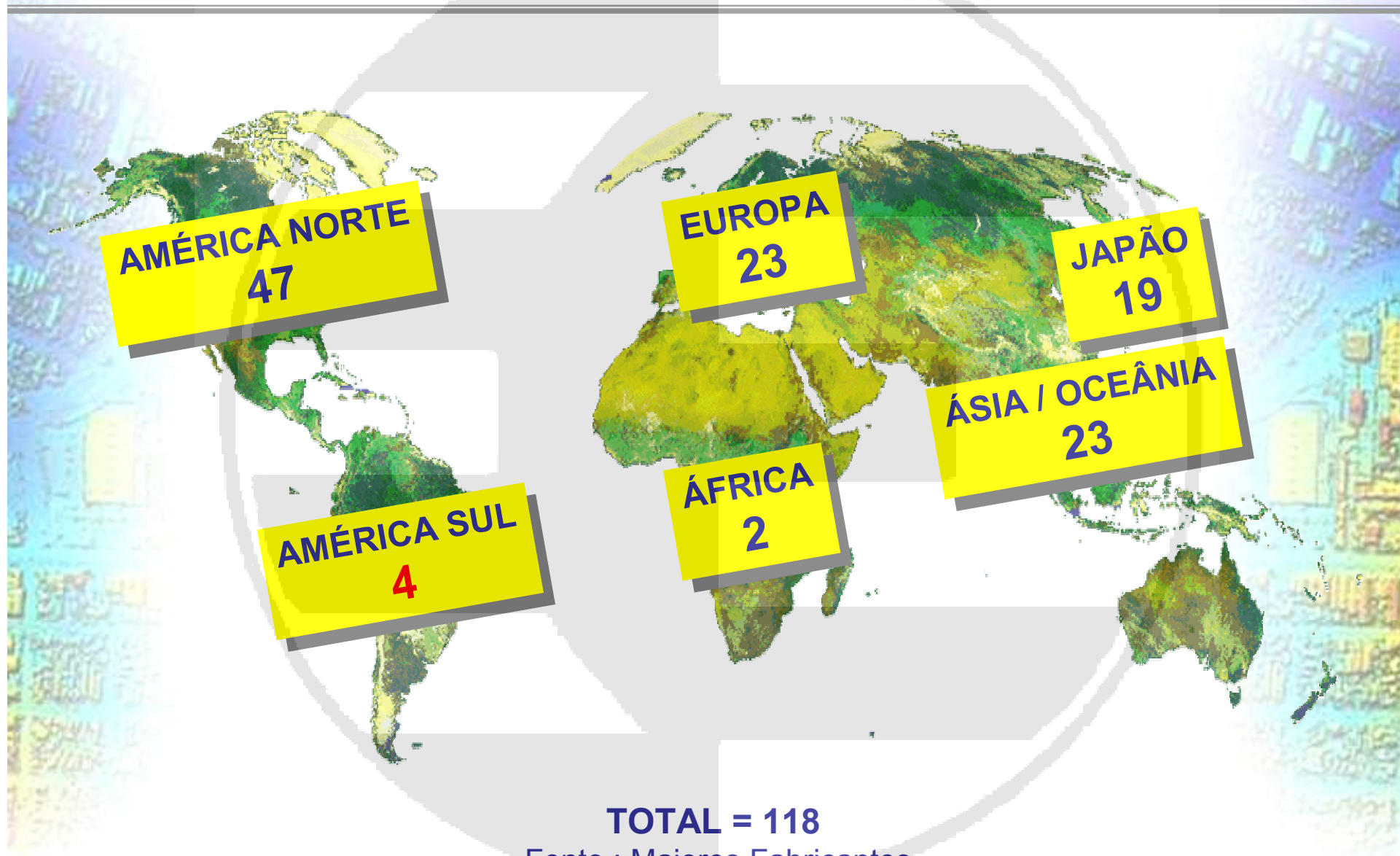
Unidades Produzidas



Fonte: Worldwide System Census

Jul-06

Equipamentos ALS

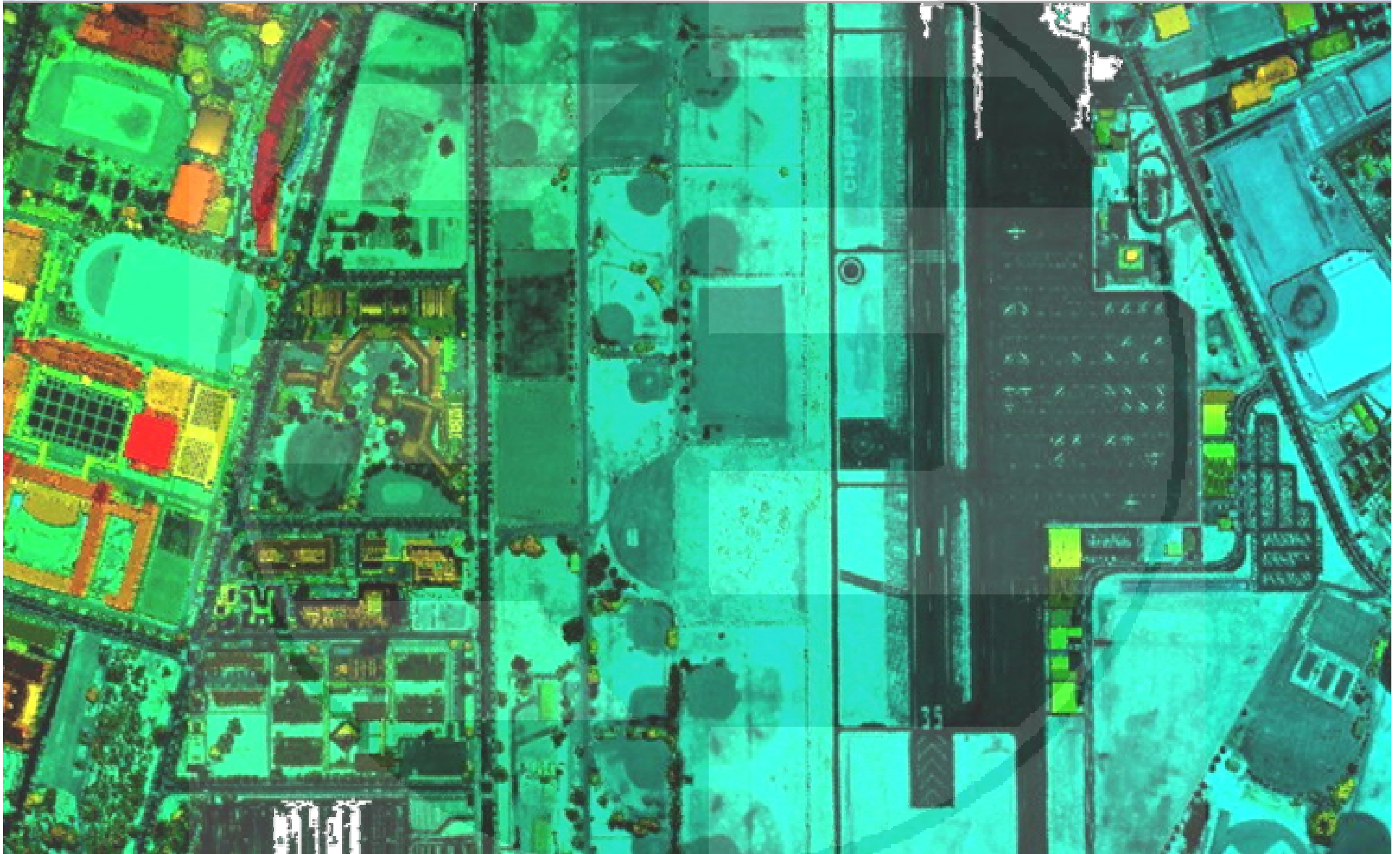


Fonte : Maiores Fabricantes

Inovações

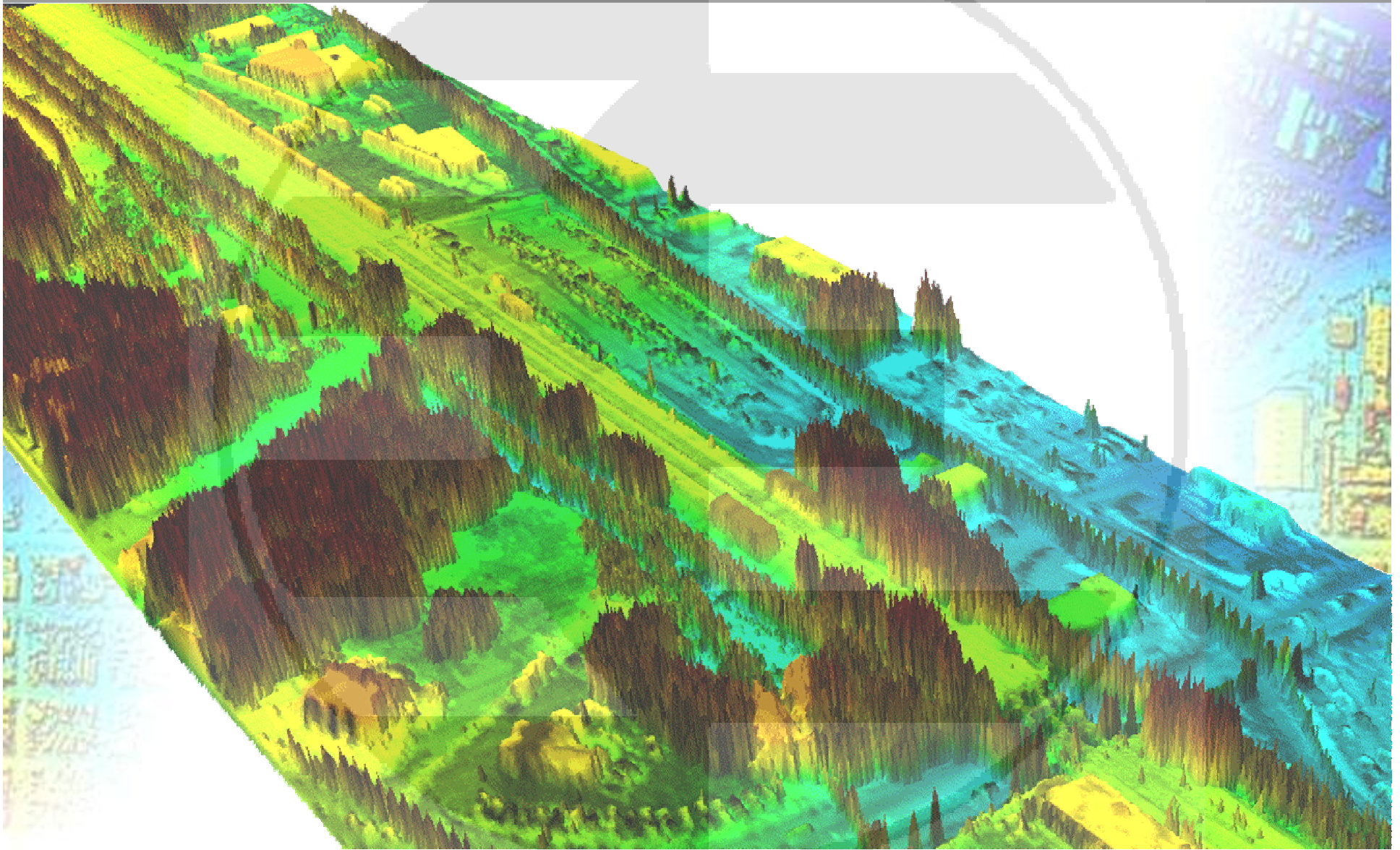
- Maior densidade de pontos (150 KHz)
- Maior ângulo de abertura (75°)
- Frequência de operação variável em modo contínuo de acordo com altitude
- Operação até 6.000 m de altura sem uso de lentes auxiliares
- Maior qualidade nos pulsos LASER nas extremidades da faixa
- Melhor qualidade horizontal (1:5.500 de H; 1:10.000 de H)
- Maior abertura óptica detecta alvos menores a alturas mais altas
- Menor perda de pulso em alvos de baixa reflexão
- Escaner de alta qualidade permite maiores velocidades em aeronaves, mantendo espaçamento dos pontos (frequência de varredura de 90Hz)

Exemplos

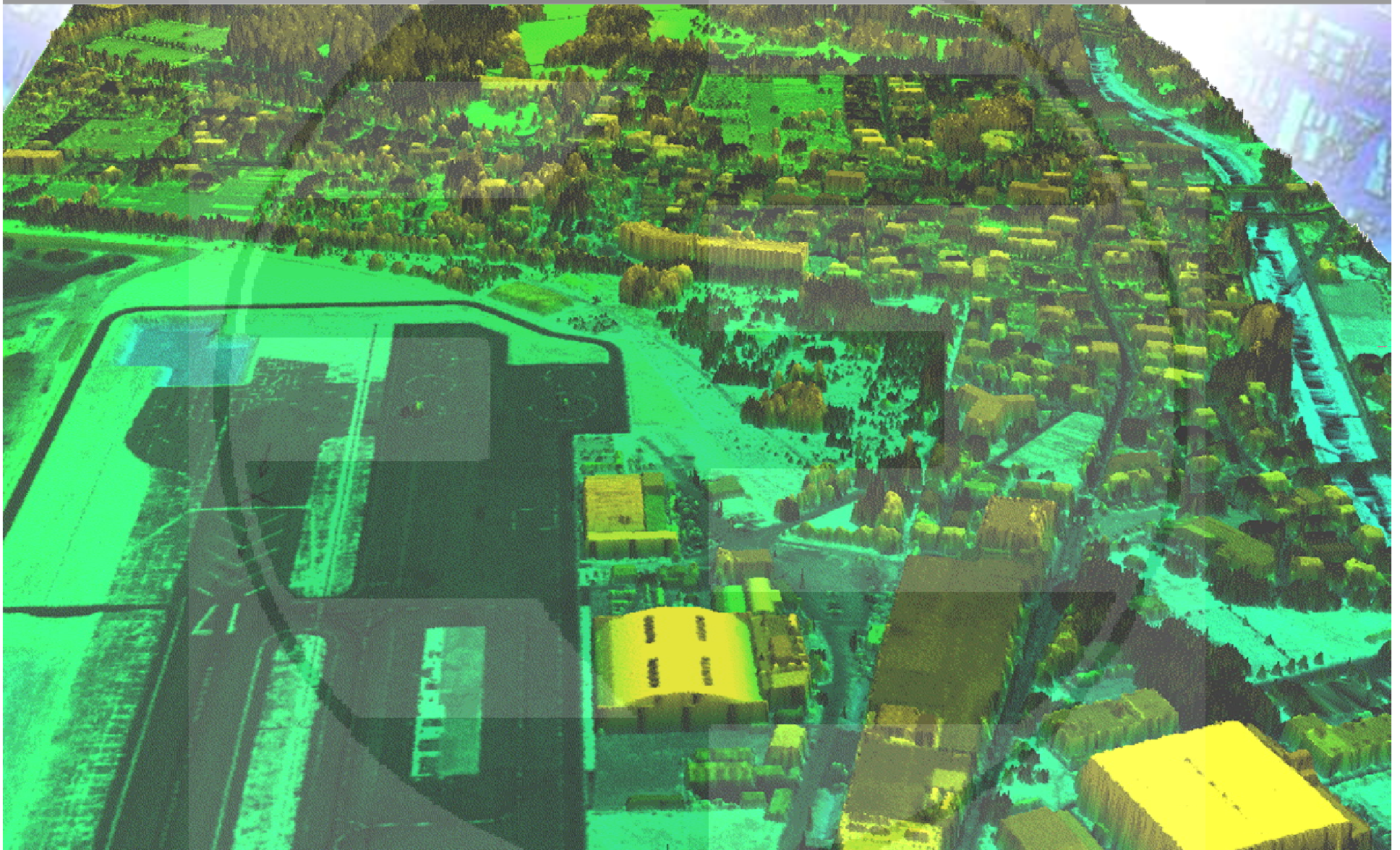


Jul-06

Exemplos

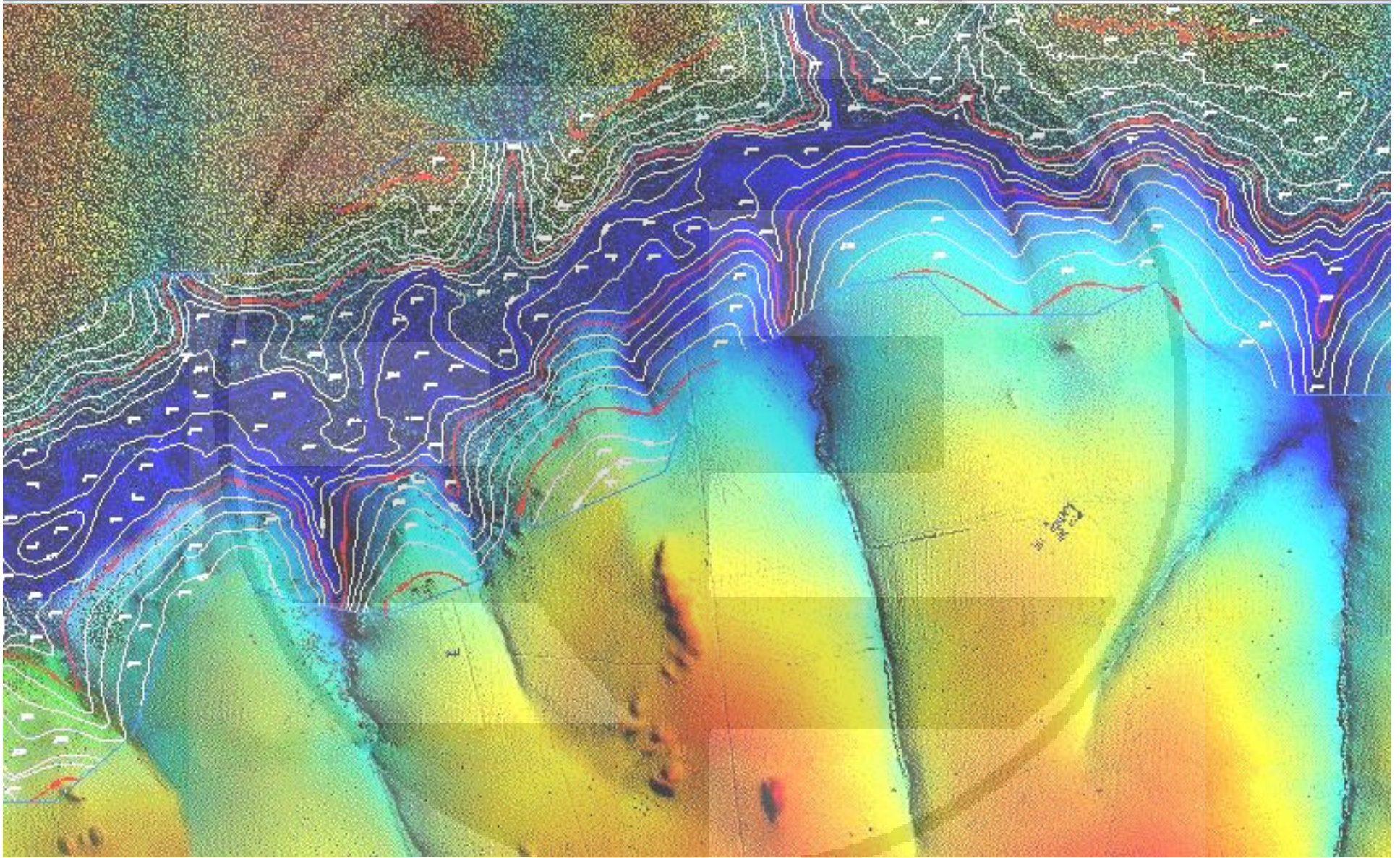


Exemplos



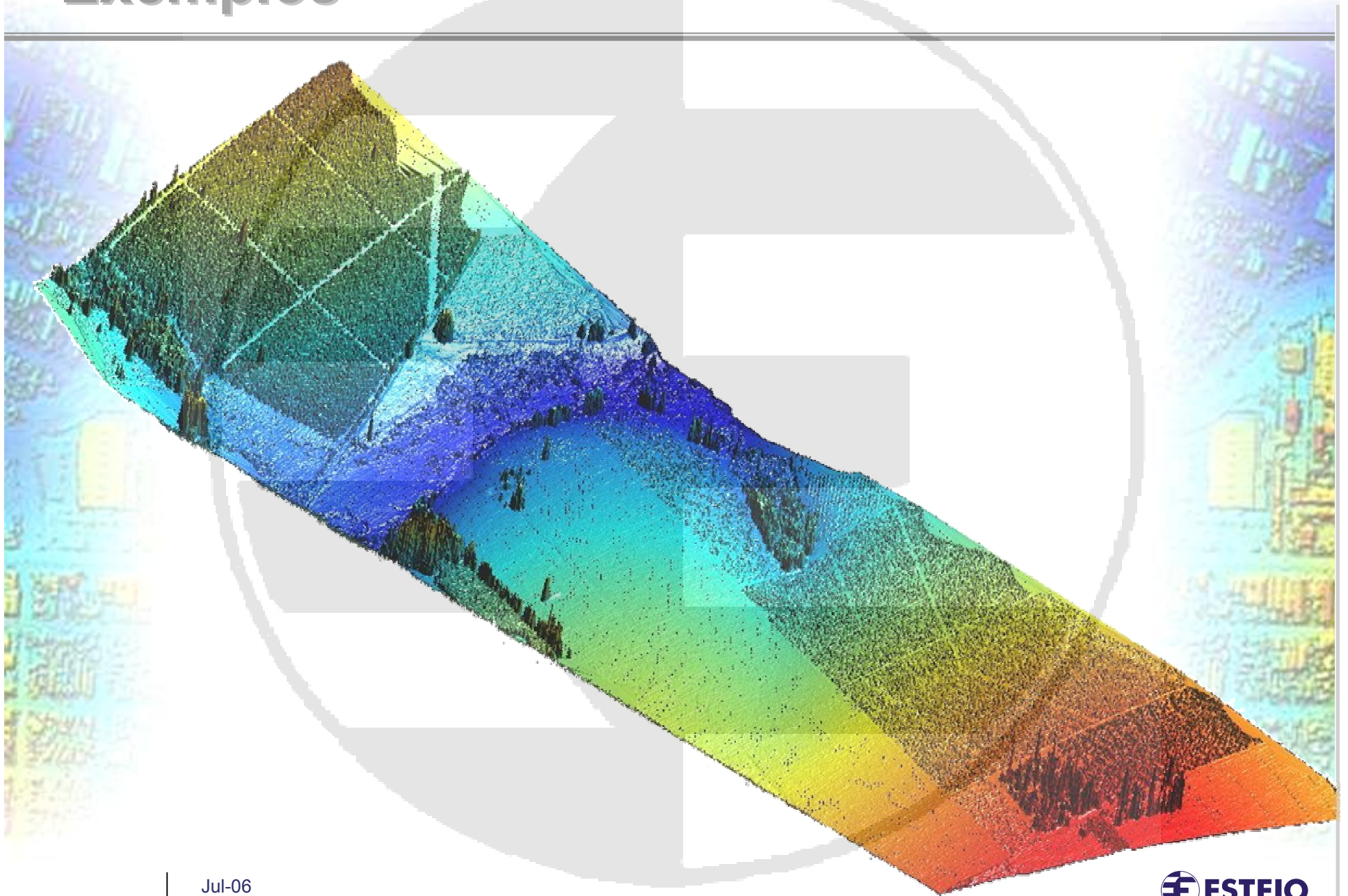
Jul-06

Exemplos



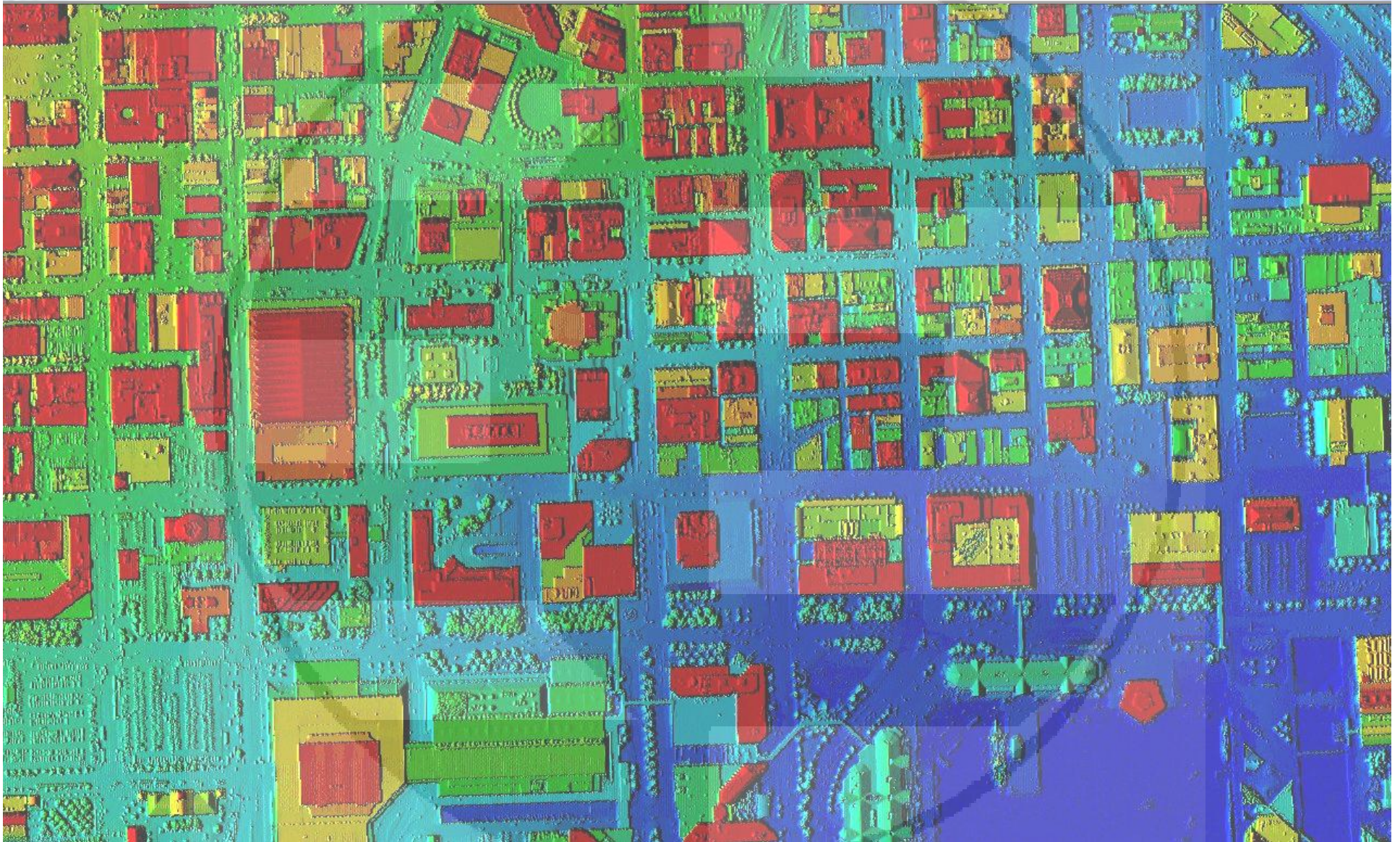
Jul-06

Exemplos



Jul-06

Exemplos

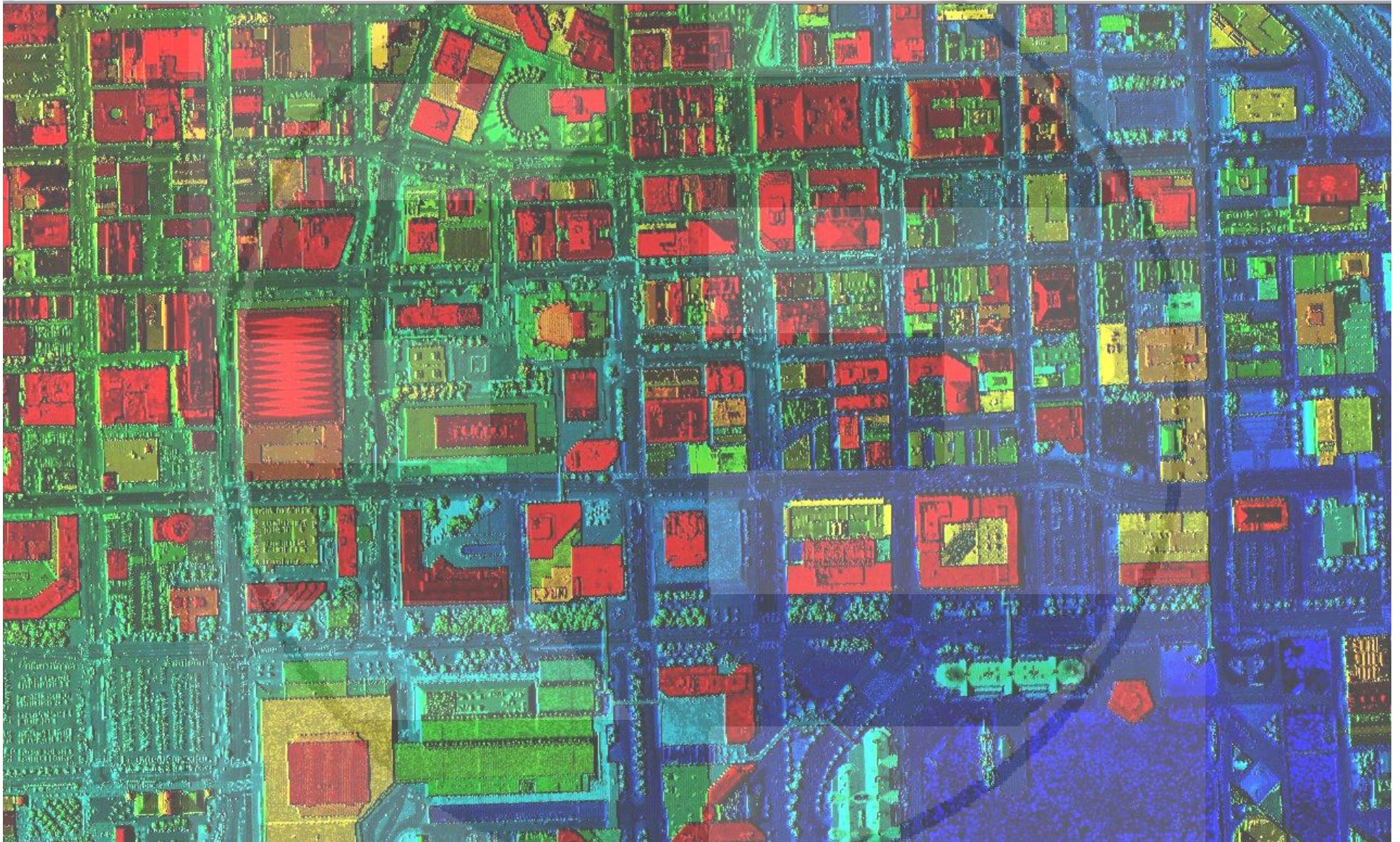


Exemplos



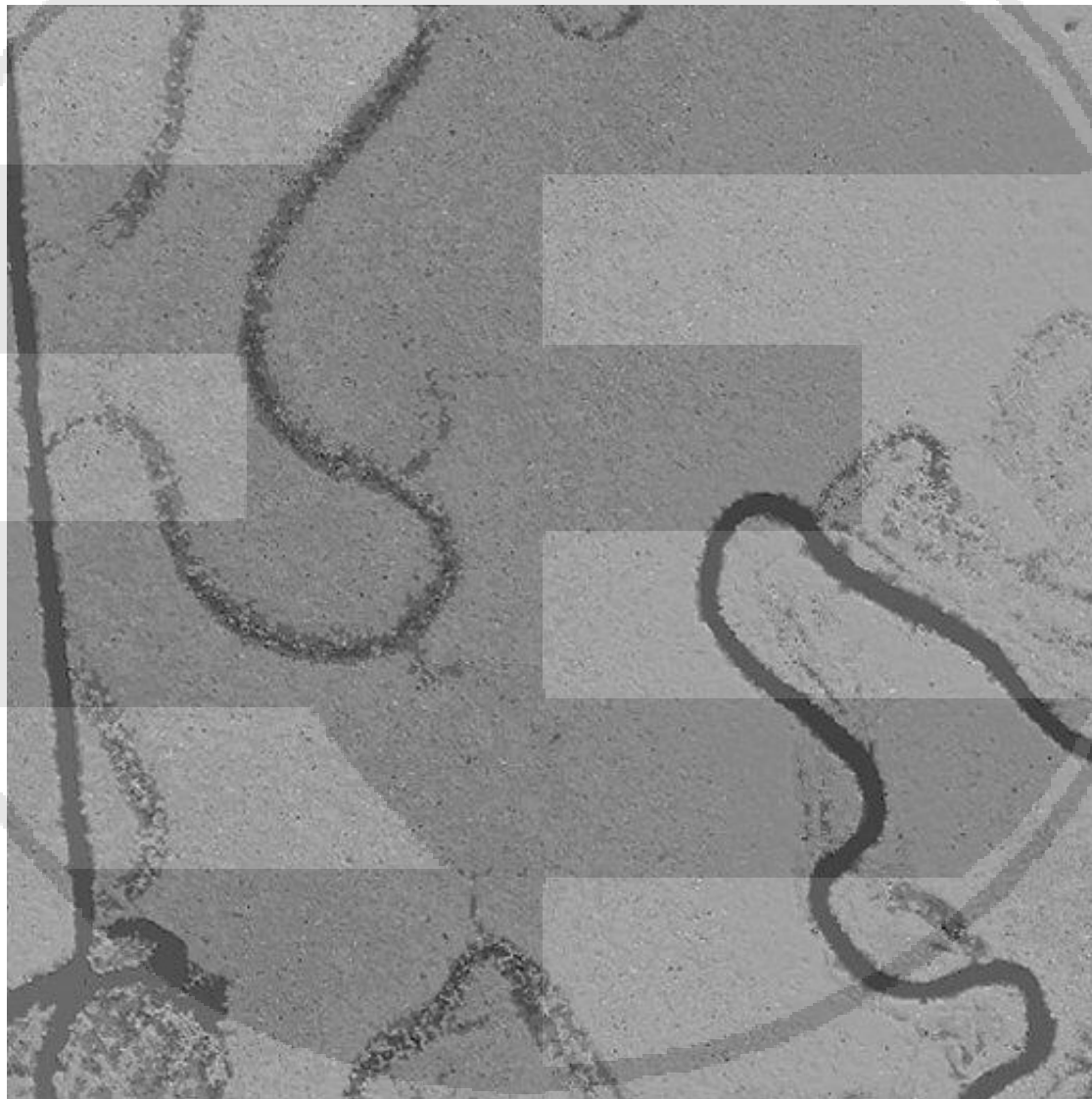
Jul-06

Exemplos



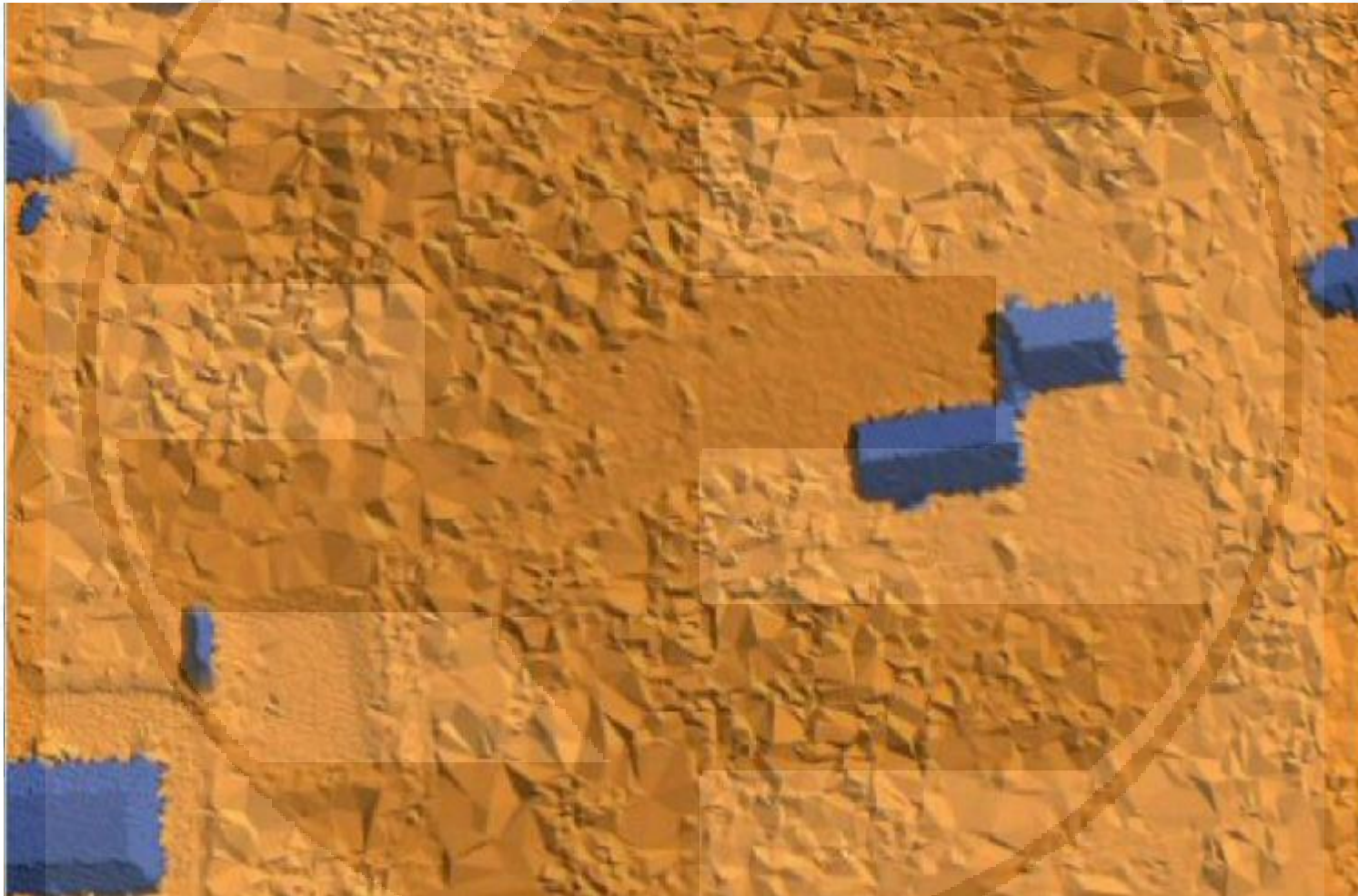
Mapeamento de Feições “Ocultas”

- Meandros antigos ocultos pela vegetação.



Mapeamento de Feições “Ocultas”

- Artefatos sob a vegetação.



Vantagens e Desvantagens

- **Vantagens**

- Diminui prazos e custos, comparado com Fotogrametria
- Aumenta a versatilidade de condições de tempo, cobertura de vegetação e acesso ao local

- **Desvantagens**

- Não vai atender todas as necessidades de todos os usuários, que é o resumo de:
 - "superestima da capacidade do sensor"
 - QUALIDADE H e V e TOLERÂNCIAS PARA CADA TERRENO;
 - "conhecimento parcial de Geodésia e GPS“;
 - "desempenho do sensor" e
 - "tamanho dos dados"

Qualidade do Perfilamento a LASER

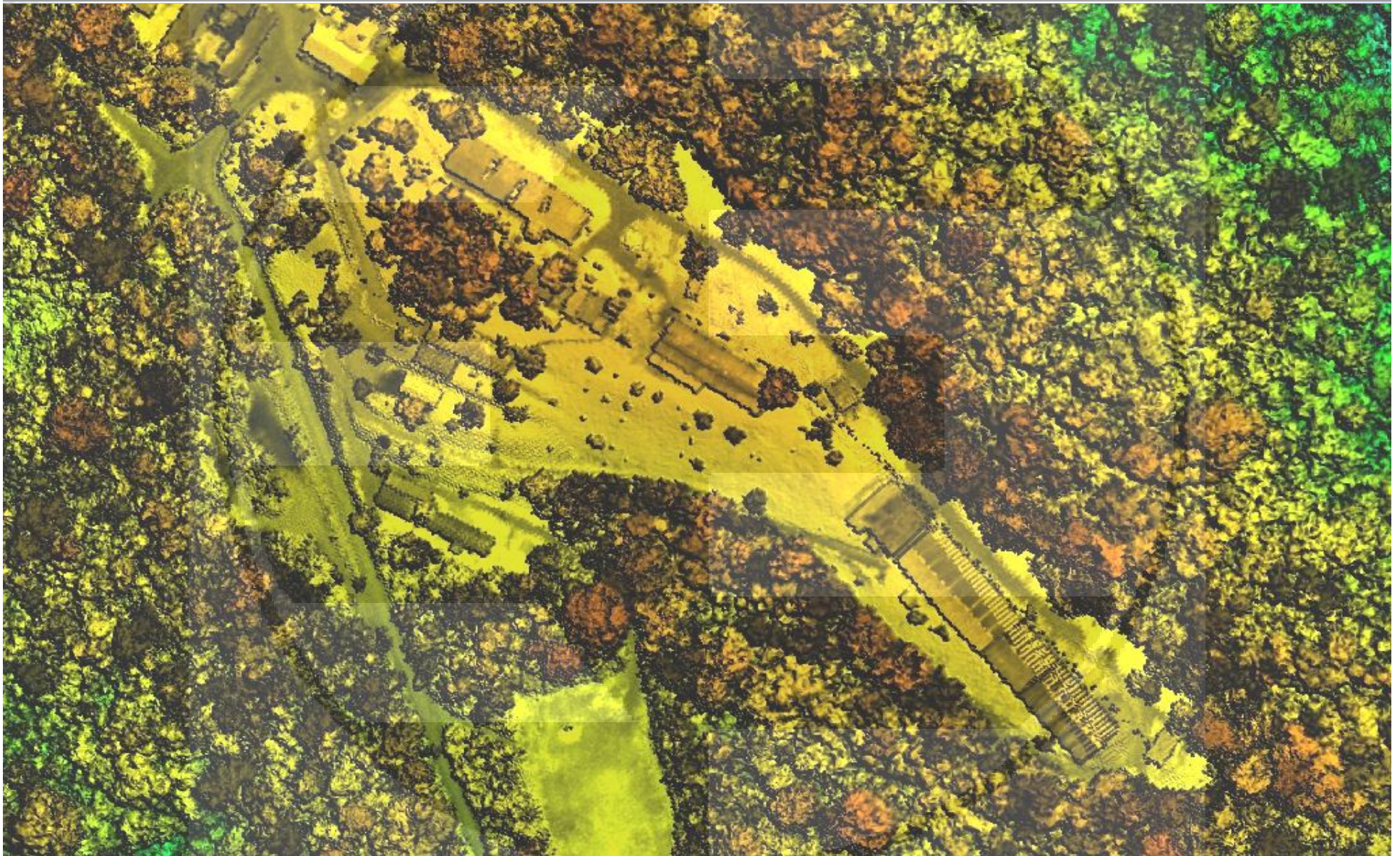
- Logística necessária
 - aeronave, sensor, processamento *in loco*, conhecimento do local e parâmetros de configuração.
- Importância de controle de campo
 - distribuição, constelação, *Datum*.
- Acompanhamento de imagem
 - foto, vídeo ou intensidade.
- Reflexão e penetração na vegetação
 - sub-vegetação, veículos, pontes, água ...
- Volume grande de dados
 - formato e programas para manipulação.

Qualidade do Perfilamento a LASER

- Áreas com Artefatos (vegetação);
 - 10% a 35% de “last pulse”.
- Áreas de Estudo para Mineração
 - Plantas 1: 5.000 – Curvas 5m
 - Avaliados aprox 5.000 pontos
 - Comparação com seções transversais topográficas espaçadas de 50m com piqueteamento de 20m
 - Grid LASER de 5 m

Média	Maior Diferença
0,34 m	1,82 m

Áreas Florestadas



Jul-06

Qualidade do Perfilamento a LASER

- Áreas de Implantação de Duto
 - Comparação com perfil obtido de poligonal ao longo da diretriz
 - Avaliados 143 km (total 380 km)



IV Conferência Nacional de Geografia e Cartografia - CONFEGE

A map of the central United States showing state boundaries and abbreviations. A large, semi-transparent circular area is overlaid on the map, representing the coverage of the National Agriculture Imagery Program (NAIP). The states shown include NE, IA, OH, IL, IN, WV, KS, MO, KY, TN, OK, AR, MS, AL, and GA. The circular area covers most of these states, with some states like NE, OH, WV, and GA partially outside the circle.

NAIP

National Agriculture Imagery Program

NAIP (National Agriculture Imagery Program)

- **Objetivo**

- Aquisição de Imagens Aéreas Digitais durante o período de safra americana de acordo com as diretrizes do USDA com atualização cíclica de 5 anos;

- **Especificações**

- Ortorectificação (deformação radial e terreno);
DOQQ – Digital Ortho Quarter Quad – 3,75' x 3,75'
- Resolução;
1m - Atualização de ortofotos;
2m – Acompanhamento da safra;
(vôo 1:40.000 – H=6.000m - escaner 50µm para filme);
- Acurácia de 5m;
- Projeção UTM;
- Arquivos georreferenciados em alta resolução e com compressão;

NAIP (National Agriculture Imagery Program)

- **Orçamento**

- US\$ 28,5 milhões;
- 2,6 milhões mi² (6,7 milhões km²);

- **Execução**

- 10 empresas;
- Prazo de 1 ano (3 meses para cobertura);
- Entrega de Ortos no ano de aquisição;

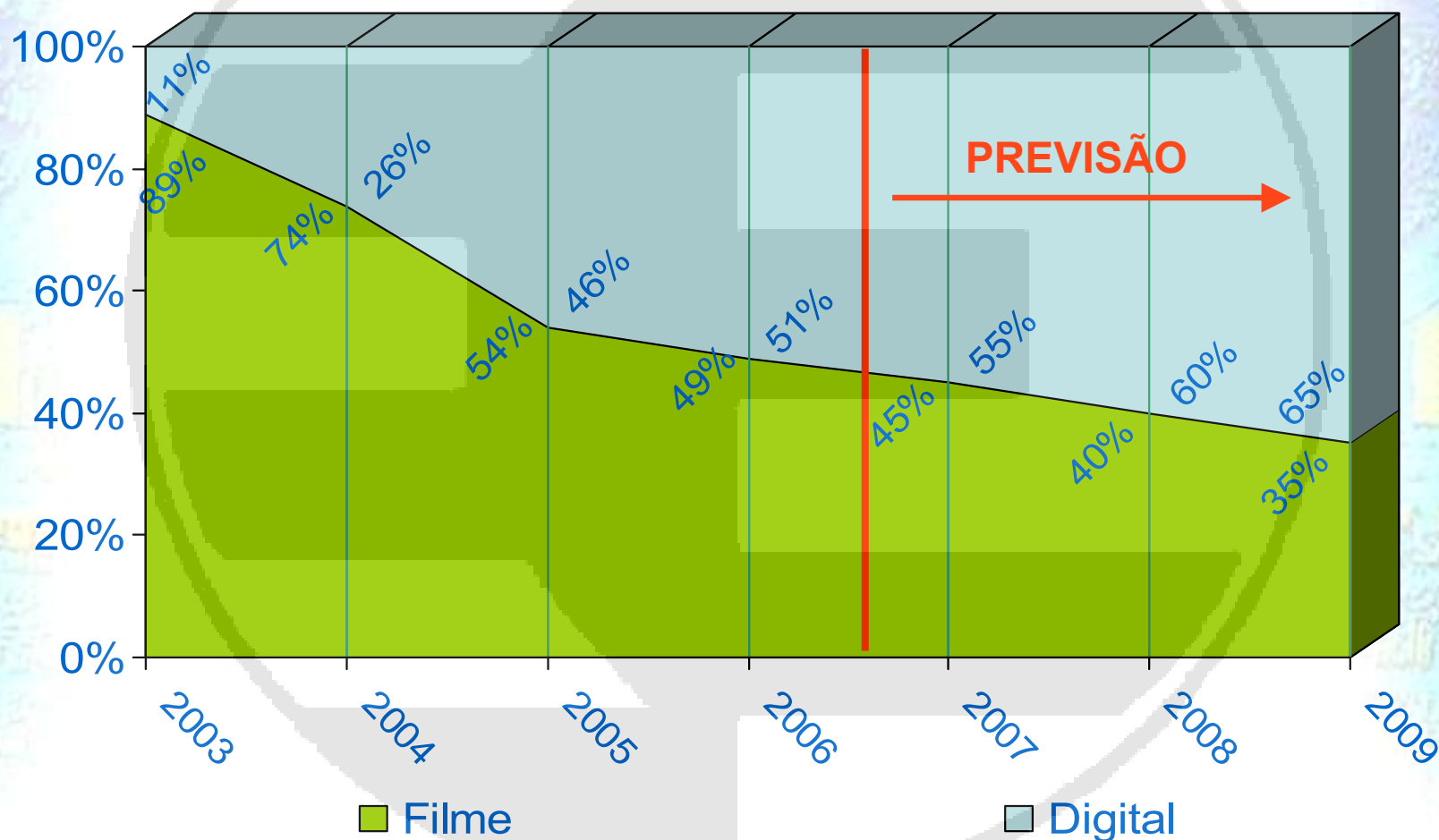
- **Tecnologia**

- Câmaras Convencionais e Digitais para imagens coloridas e IR;
- Imagens de Satélite (?)

“Although commercial satellite can be used, it hasn’t been to date.”

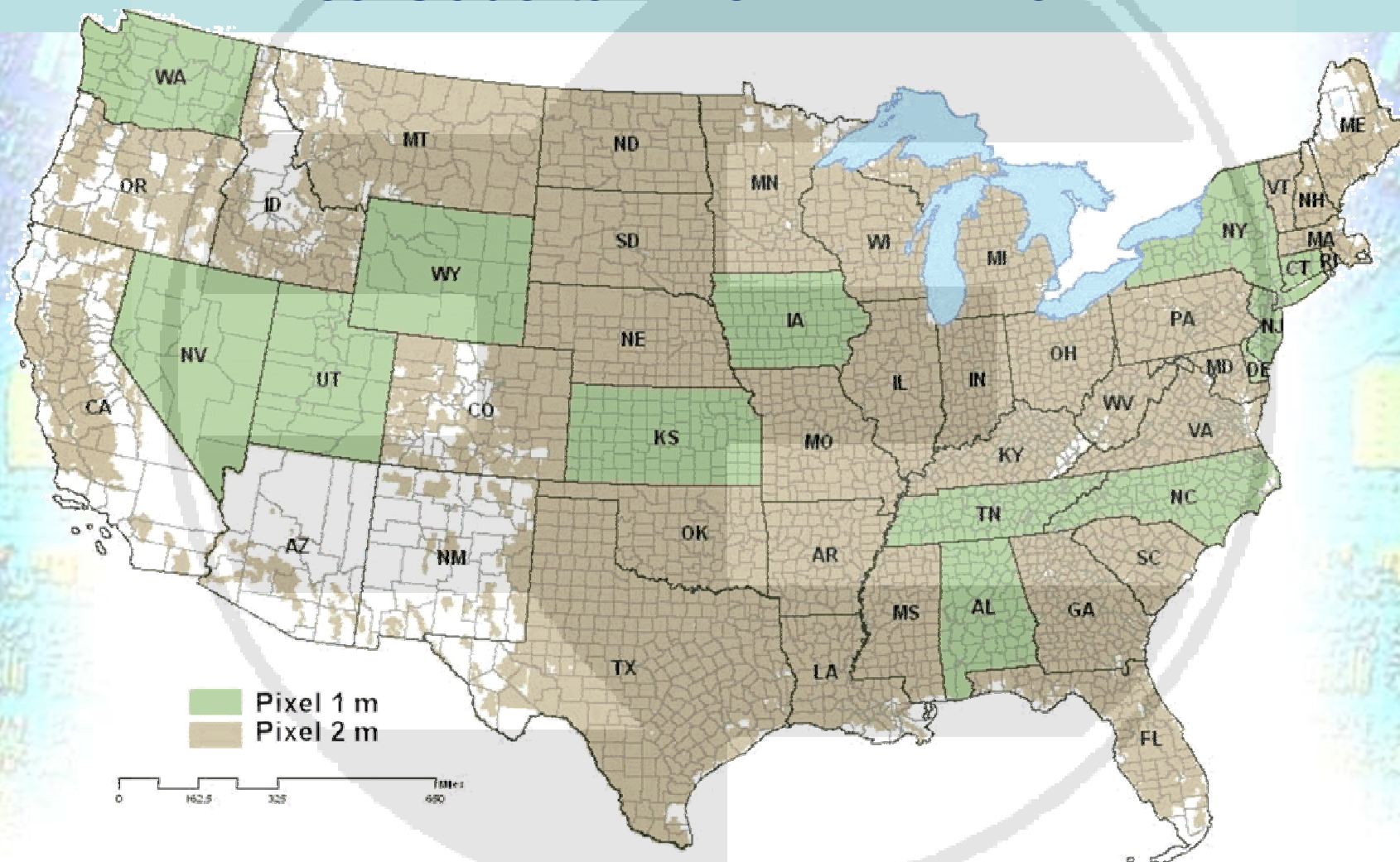
NAIP (National Agriculture Imagery Program)

Relação Filme x Digital (Maio, 2006)



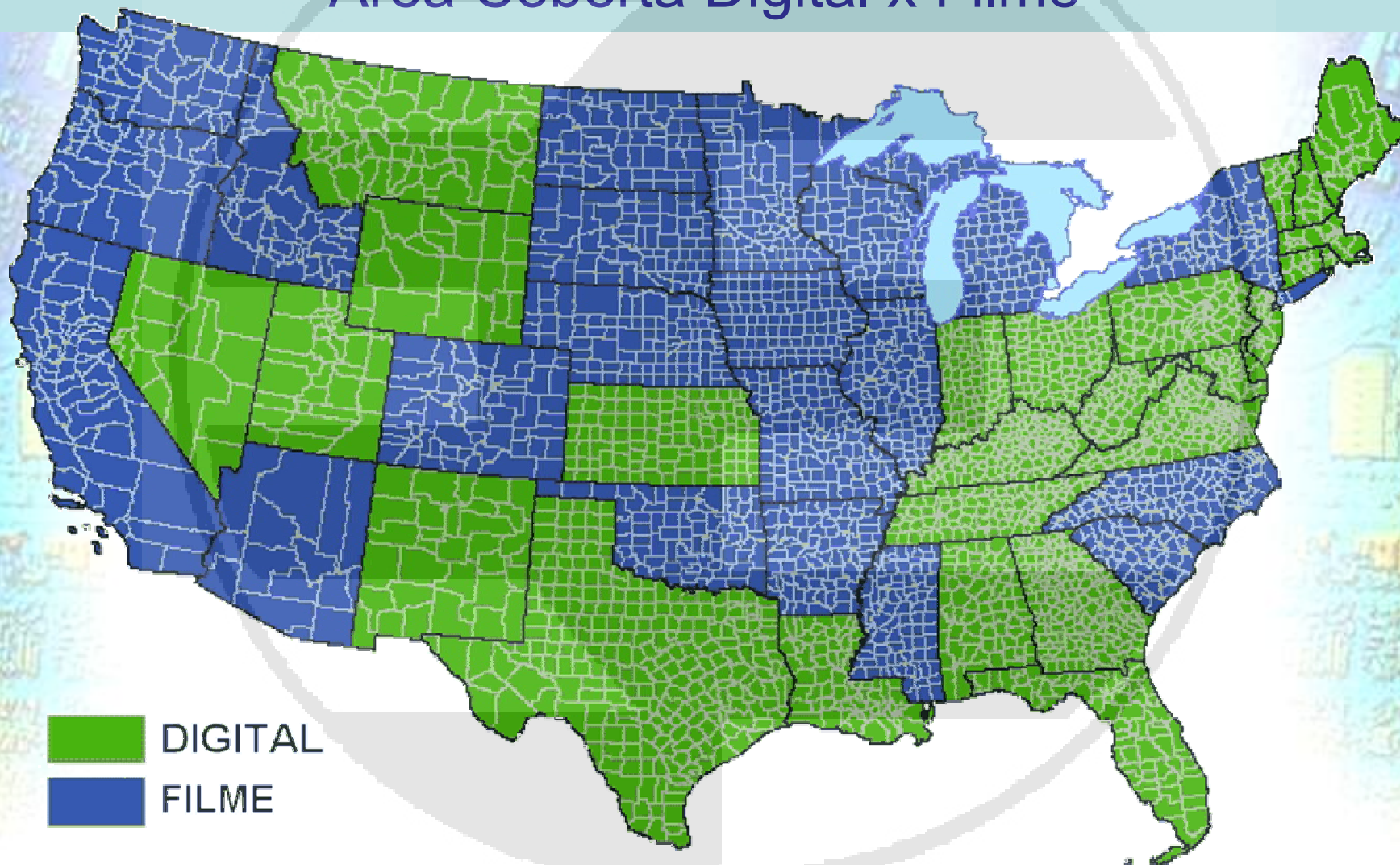
NAIP (National Agriculture Imagery Program)

Área Coberta Pixel 2m x Pixel 1m



NAIP (National Agriculture Imagery Program)

Área Coberta Digital x Filme



Jul-06

Fonte : NAIP Contract Overview (Gabbot, W.G., 2006)

IV Conferência Nacional de Geografia e Cartografia - CONFEGE

PAMAP **Pennsylvania Mapping Program**

PAMAP (Pennsylvania Mapping Program)

- **Objetivo**

- Programa cooperativo para estabelecer uma base geoespacial precisa para a comunidade (segurança, administração, desenvolvimento econômico, decisão, planejamento regional e estadual, educação, emergência, turismo, e geração de adicional renda – Safran, 2006);

- **Especificações**

- Ortorretificação (deformação radial e terreno);
GSD de 0,30 m;
(vôo 1:19.200 – H=3.000m - escaner 12,5µm para filme);
- LiDAR para obtenção de curvas com 0,60m de equidistância e para MDT usado na retificação;
Esp ptos 1,4 m – H=1.500m – larg 1.200m – 30% recob – 5,6 M ptos (3 X 3 km) – formato LAS
- 150 pontos de controle - GPS

While slightly more expensive than film capture alone, the combination of imagery and lidar provides a much more valuable product ...

PAMAP (Pennsylvania Mapping Program)

- **Área em 2006**

- 21 condados;
- 16.000 mi² (41.000 km²);

- **Execução**

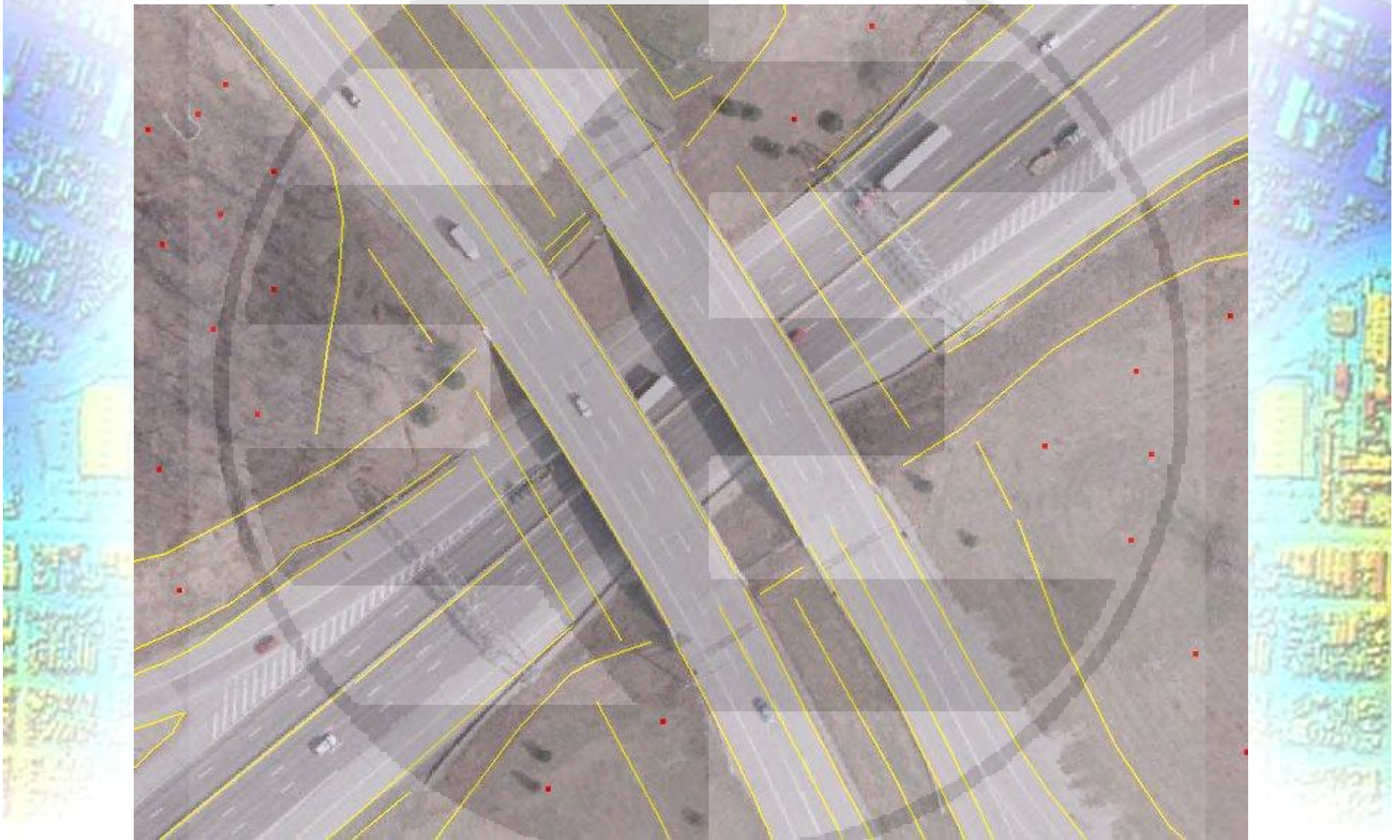
- Empresas de Aerolevanteamento e LiDAR;
- Contratos anuais com re-execução a cada 3 anos;
- 2003 a 2005 executado – 2006 nova fase;

- **Tecnologia**

- Câmaras Convencionais e Digitais para imagens coloridas e IR;
- LiDAR;
- GPS.

[illegible]

PAMAP (Pennsylvania Mapping Program)



Jul-06

Fonte : PAMAP 2005 Orthophoto Project., Bodick, Peters & Safran 2006)

PAMAP (Pennsylvania Mapping Program)



Jul-06

Fonte : PAMAP 2005 Orthophoto Project., Bodick, Peters & Safran 2006)



Exemplo de Cobertura Digital e Perfilamento a LASER

Cobertura Aérea Digital e LASER

- **Exemplo**

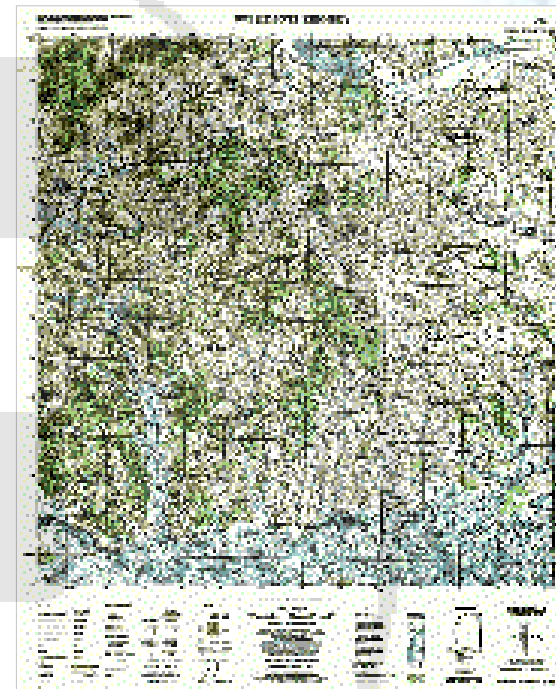
- Carta 1:50.000

- **Características**

- Área = 725 km²;
- Maior dimensão por carta = 27,7 km;
- Equidistância = 20m;

- **Objetivo**

- Ortofoto Digital retificação diferencial por correlação de imagem (MDE);
- Apoio Terrestre (4 pontos);
- Acurácia horizontal de 15m a 1 σ ;
- Imagem RGB;
- Perfilamento a LASER com espaçamento menor que 10m;
- Captação Fotogramétrica de elementos planimétricos: hidrografia, rede viária e vegetação;
- Curvas de nível com equidistância de 10m.



Parâmetros por Carta



GSD = 0,60 m

H = 4.800m

Recobrimento = 20%

Sensores = RGB, PAN

Número de faixas = 6

Larg Faixa = 6.000m

Img Faixa = 6 GB

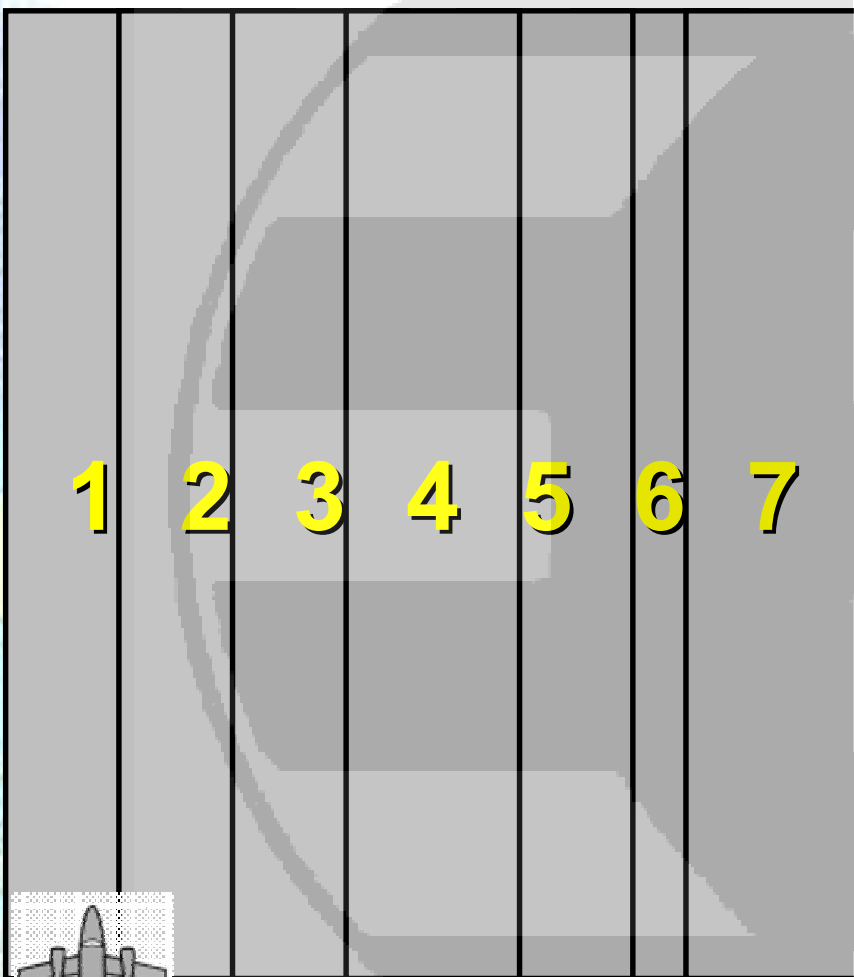
Dados Brutos = 80 GB

Tempo de Vôo = ~ 2h

Esp ptos MDE = 25m

Ptos MDT = 1,2 M

Parâmetros por Carta



Abertura = 60°

Taxa = 25 KHz

H = 5.000m

Recobrimento = 30%

Retornos = 4

Número de faixas = 7

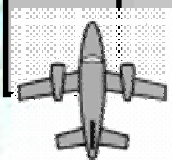
Larg Faixa = 5.500m

Dados Brutos = 9 GB

Tempo de Vôo = ~ 3h

Esp médio ptos = 7 m

Ptos Nuvem = 15 M



Informações na Internet

OBRIGADO PELA ATENÇÃO !

Para mais detalhes sobre as tecnologias apresentadas, favor consultar:

www.esteio.com.br/camarasaereasdigitais/

www.lidar.com.br/

www.esteio.com.br

ou

amauri@esteio.com.br

valther@esteio.com.br